This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

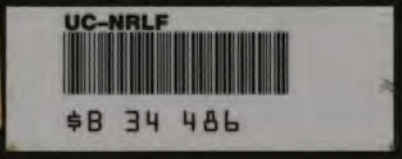
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

S
651
B6



YC 20960

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
RECEIVED BY EXCHANGE
Class

Untersuchungen

über den

Wirkungswert von schwefelsaurem Ammoniak und Chilesalpeter als Düngemittel.

Inaugural-Dissertation

der

hohen philosophischen Fakultät der Universität

LEIPZIG

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

ERNST BLOBEL

aus

LEIPZIG.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

LEIPZIG.
Buch- und Steindruckerei Emil Stephan.
1908.

5151
16

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren KIRCHNER und BECKMANN.

LEIPZIG, den 14. Februar 1908.

Der Procancellar.
Stieda.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit und Verehrung.

186556

Inhalt.

Seite

I. Einleitung 1

II. Die bisher vorliegenden Tatsachen und Hypothesen zur Erklärung der ungleichen Wirkung von Ammonsulfat und Chilesalpeter . 13

A. Das differente Verhalten der verschiedenen Kulturgewächse gegen Ammoniak und Salpeter 13

B. Die besonderen Eigenschaften von Ammonsulfat und Natronsalpeter 15

1. Die physiologischen Besonderheiten der beiden Salze 16

2. Der Natrongehalt des Salpeters 18

3. Die Beweglichkeit des Ammoniaks und des Salpeters im Boden 21

4. Die Schnelligkeit der düngenden Wirkung von Ammoniak und Salpeter 23

C. Die Überführung des Ammoniaks in Salpeter 25

1. Die Möglichkeit des Auftretens von Stickstoffverlusten 27

2. Die Hemmung des Nitrifikationsprozesses durch Festlegung des Ammoniaks 36

3. Die Abhängigkeit der Salpeterbildung von chemischen und physikalischen Bedingungen . 40

Seite

III. Eigene Untersuchungen 47
A. Der Düngungsversuch auf dem Felde . . 50
1. Art der Durchführung 50
2. Boden und Witterung 53
3. Ergebnisse des Düngungsversuches 55
B. Die im Laboratorium ausgeführten Untersuchungen 59
1. Untersuchungsmethoden 59
2. Resultate der Laboratoriumsversuche 67
IV. Folgerungen auf Grund des gewonnenen Beobachtungs-Materials 79
V. Schluß 83
Anhang: Tabellen 85

I. Einleitung.

Zweifellos sind Chilesalpeter und schwefelsaures Ammoniak gegenwärtig und noch auf lange Zeit hinaus als die wichtigsten der im Handel befindlichen stickstoffhaltigen Düngemittel zu betrachten. Bei vergleichenden Düngungsversuchen äußern sie jedoch nur selten dieselbe Wirkung. In der Regel zeigen sich Abweichungen; oft, aber keineswegs immer erweist sich das schwefelsaure Ammoniak weniger wirksam als der Salpeter. Die bisher in dieser Hinsicht ausgeführten Untersuchungen sind ungemein zahlreich, ihre Ergebnisse aber, wie gesagt, sehr schwankend. So beläuft sich z. B. bei den im Jahre 1894 auf Veranlassung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft[1]) ausgeführten Felddüngungsversuchen die Wirkung des Ammoniakstickstoffes, wenn man diejenige des Salpeterstickstoffes = 100 setzt, auf:

72, 109, 93, 97, 97, 95, 141, 109, 92, 92, 67, 107, 66, 106.

Ganz ähnliche Resultate ergaben sich bei den in den Jahren 1902—1904 an den Versuchsstationen Bonn, Bernburg, Halle und Köslin ausgeführten umfangreichen Versuchen[2]).

---

[1]) Jahrbuch d. D. L. G. 1895, p. 482.

[2]) Arb. d. D. L. G. Heft 121.

Die Versuchsstation Bonn ermittelte u. a. in Prozenten der Salpeterwirkung bei Versuchen mit Hafer[1]):

Korn: 91, 131, 85, 125, 67, 139, 58, 145.
Stroh: 95, 188, 50, 146, 75, 89, 63, 107.

Die Versuchsstation Bernburg fand bei Zuckerrüben folgende Werte[2]):

Rüben: (1902) 92, 84 (1903) 123, 137;
Kraut: (1902) 72, 90 (1903) 104, 97.

Bei den von der Versuchsstation Halle geleiteten Düngungsversuchen zu Zuckerrüben stellen sich die entsprechenden Zahlen[3]) (Versuch 1—4) für die geernteten Rüben auf:

48, 129, 41, 14, 54, 82, 98, 55, 39, 60, 114, 38, 66.

Die Versuchsstation Köslin erntete 1902 an Rüben[4]):

(Mehrertrag in dz pro ha)
bei Salpeterdüngung: 15,96, 15,40, 30,05;
bei Ammoniakdüngung: 11,18, 15,85, 20,64.

Die Mehrerträge an Kartoffeln[5]) waren die folgenden:

bei Salpeterdüngung: 23,92, 17,92, 18,23;
bei Ammoniakdüngung: 24,38, 16,92, 20,19.

Bei den von der Versuchsstation Halle ausgeführten Versuchen[6]) stellte sich in den verschiedenen Jahren das Verhältnis so, daß von den vergleichbaren Ergebnissen: 1902 für den Salpeter 10, für das Ammoniak 1 günstiger ausfiel, 1903 wirkte Ammoniak in allen Fällen schlechter, 1904 dagegen 6mal das Ammoniak und nur 4mal der Salpeter besser.

---

[1]) l. c. p. 3—6.
[2]) l. c. p. 27—36.
[3]) l. c. p. 105, 108, 109, 113.
[4]) l. c. p. 206 u. 210.
[5]) l. c. p. 212, 214, 217.
[6]) l. c. p. 194, 195.

Es dürfte überflüssig sein, diese Zahlenreihen weiter zu vermehren. *Paul Wagner* hat auf Grund aller Ergebnisse, die in dem angegebenen Zeitraum von den genannten Versuchsstationen erhalten wurden und unter Berücksichtigung der gleichfalls in großer Zahl von der Versuchsstation Darmstadt[1]) bearbeiteten Düngungsversuche berechnet, daß sich unter den in der landwirtschaftlichen Praxis gegebenen Bedingungen das Verhältnis der Salpeter- und der Ammoniakwirkung wie 100 : 75 herausstellte[2]). Er findet hierin eine Bestätigung der von ihm wiederholt vertretenen Ansicht, daß der Wirkungswert des Ammoniaks auf dem Felde in der Regel zurückstehe hinter demjenigen, der sich bei Vegetationsgefäßversuchen ergibt[3]) und den der genannte Autor als den „normalen“[4]) oder den „wissenschaftlich festgestellten“[5]) Wirkungswert erachtet. Dieser „normale“ Wirkungswert soll sich nach früheren[6]) Untersuchungen *Wagners* auf 90:100, nach neueren Feststellungen auf 94:100 belaufen und „damit ist“, wie er[7]) sagt, „der landwirtschaftlichen Praxis ein bestimmtes Ziel gesetzt. Es ist ihr die Aufgabe gestellt, die Wirkung des Ammoniakstickstoffs, die bei Gefäßversuchen, also unter Ausschluß von Stickstoffverlusten und anderen störenden Verhältnissen 94% der Salpeterwirkung beträgt, möglichst ungeschmälert auch unter den praktisch vorkommenden Verhältnissen

---

[1]) Arb. d. D. L. G. Heft 80.
[2]) „ „ „ „ „ „ 129, p. 223.
[3]) „ „ „ „ „ „ 80, p. 326.
[4]) Mitt. d. D. L. G. 1901 Stück 10.
[5]) Arb. d. D. L. G. Heft 129, p. 202.
[6]) Mitt. d. D. L. G. 1901 Stück 10.
[7]) Arb. d. D. L. G. Heft 129, p. 201.

des Bodens, der Witterung und der Kultur zu erzielen.“ Allerdings hat *Wagner* auch andererseits das Vorhandensein bedeutender Schwankungen im Wirkungswerte konstatiert, aber seine Theorie vom „normalen“ Wertverhältnis ist doch mit der Zeit so sehr in den Vordergrund getreten, daß es selbst in wissenschaftlichen Abhandlungen als zulässig erachtet wird, den Chilesalpeter als unbedingt dem Ammoniak überlegen hinzustellen. So schreibt *Sessous*[1]: „Da die exakten Topf- wie Feldversuche die Überlegenheit des Chilesalpeterstickstoffes zur Genüge bewiesen haben, ist von den Resultaten der Düngungsversuche, bei denen das Umgekehrte der Fall war, nach unserer jetzigen Kenntnis abzusehen, wobei sicher anzunehmen ist, daß die Verhältnisse für eine Ausnutzung des Chilesalpeters ungünstige gewesen sind und dadurch das Ammoniumsulfat einen Vorsprung erhalten hat.“

Es ist selbstverständlich, daß eine solche Willkür in der Behandlung der Beobachtungsresultate durchaus unzulässig ist. Trotzdem schreibt aber auch *H. C. Müller* in seinem Bericht über die von der Versuchsstation Halle im Auftrage der D. L. G. durchgeführten Düngungsversuche mit Ammoniak und Salpeter, daß z. B. ein mit Weizen angestellter Versuch, bei dem der Ammoniakstickstoff zu 61 %, der Salpeterstickstoff dagegen nur zu 57 % ausgenützt wurde, nicht als maßgebend angesehen werden dürfe, weil die Ausnutzung beider Stickstoffformen in diesem Falle eine abnorm geringe gewesen sei[2]. Daß diese Begründung nicht

[1]) *Sessous*, Über die bei der Düngung mit Ammoniaksalzen entstehenden Stickstoffverluste. Jenaer Dissertation 1904, p. 50.

[2]) Arb. d. D. L. G. Heft 121, p. 80/81.

zu Recht besteht, ergibt sich indessen schon daraus, daß sogar *Wagner* eine Stickstoffausnutzung von 60% beim Salpeter und von 45% beim Ammoniak als normal erachtet[1]). Die großen Schwankungen der Versuchsergebnisse sind eben darin begründet, daß in manchen Fällen die Verhältnisse für die Salpeterwirkung, in anderen für die Ammoniakwirkung günstiger liegen und umgekehrt. Nur die für den Salpeter günstigen zu ermitteln, kann naturgemäß nicht die Aufgabe der Wissenschaft sein. Ebensowenig gerechtfertigt ist es aber auch, wenn man, wie dies nach *Wagners* Vorgange gegenwärtig ziemlich allgemein üblich geworden ist, aus einer größeren Zahl sehr abweichender Ergebnisse eventuell noch unter Ausschluß derjenigen Versuche, bei denen die Verhältnisse für die Salpeterwirkung ungünstige waren, Durchschnittszahlen berechnet und diese als Mittelwerte hinstellt, wie sie in der Praxis durchschnittlich erzielt werden können. Es ist insbesondere von *Löhnis*[2]) gegen *Wagner* betont worden, daß dessen „normales Wertverhältnis" keineswegs als wissenschaftlich erwiesen anzusehen ist, und es wurde von ihm vor allem auf einige ältere Arbeiten französischer Autoren hingewiesen, aus denen mit voller Sicherheit hervorgeht, daß dann, wenn keine Störung des Nitrifikationsprozesses eintritt, der Ammoniakstickstoff restlos in Salpeterstickstoff umgewandelt wird. Von *Wagner* sind diese Arbeiten nie berücksichtigt worden und lediglich auf Grund seiner Versuche, bei denen das Ammoniak zuweilen zu 88%, in anderen Fällen zu 90 oder zu 93% nitri-

---

[1]) Arb. d. D. L. G. Heft 129, p. 223.

[2]) Mitt. des Landw. Instituts Leipzig, Heft 7, p. 52.

fiziert wurde, sagt er, daß diese Tatsache als „vollkommem feststehend“ zu betrachten sei[1]).

Von *Ehrenberg*[2]) sind die wichtigen Arbeiten, auf die *Löhnis* aufmerksam gemacht hatte, neuerdings eingehend erörtert worden; außerdem wies dieser Autor auch durch eigene Versuche erneut nach, daß in der Tat die Nitrifikation im Boden ohne jeden Stickstoffverlust verläuft. Wie wenig im allgemeinen aber die älteren exakten Forschungen berücksichtigt worden sind und wie sehr statt dessen die einseitige Darstellung *Wagners* zur Geltung gekommen ist, geht z. B. daraus hervor, daß es von *Seelhorst*[3]) (bei der Besprechung der Arbeit *Ehrenbergs*) als etwas völlig Neues hingestellt wird, daß in ihr von einer restlosen Nitrifikation des Ammoniaks gesprochen werde, da doch nach *Wagner* bei diesem Vorgang ein Stickstoffverlust von zirka 7 % eintrete.

Unter diesen Umständen ist es entschieden von großer Wichtigkeit, daß über die Ursachen der differenten Wirkungen der beiden wichtigen stickstoffhaltigen Düngemittel Klarheit geschaffen und eine Lösung der vorhandenen Widersprüche ermöglicht wird. Einen Beitrag in dieser Hinsicht zu liefern, ist die Aufgabe der vorliegenden Arbeit. Ehe ich mich der Besprechung der eigenen Beobachtungsresultate zuwende, dürfte es zweckmäßig sein, eine entsprechende Sichtung der bereits in dieser Hinsicht ermittelten Tatsachen und aufgestellten Hypothesen vorzunehmen.

---

[1]) Arb. d. D. L. G. Heft 80, p. 17.

[2]) Mitt. d. Landw. Institute Breslau. Band IV, p. 169.

[3]) Deutsch. landw. Presse 1907, p. 742.

II. Die bisher vorliegenden Tatsachen und Hypothesen zur Erklärung der ungleichen Wirkung von schwefelsaurem Ammoniak und Chilesalpeter.

Bei der Erklärung der ungleichen Wirkung von schwefelsaurem Ammoniak und Chilesalpeter kommen folgende drei Hauptgesichtspunkte in Betracht: Erstens kann es sich um spezifische Eigenschaften handeln, welche die verschiedenen Kulturgewächse gegenüber den verschiedenen Stickstoffformen äußern; zweitens sind die besonderen Eigentümlichkeiten ins Auge zu fassen, welche das schwefelsaure Ammoniak und der Chilesalpeter ihrer Natur nach zeigen; drittens sind alle diejenigen Vorgänge zu berücksichtigen, welche für den Verlauf des Nitrifikationsprozesses maßgebend sind oder sein können. Im einzelnen ergeben sich eine Reihe besonderer Gesichtspunkte, wie darzulegen sein wird.

A. Das differente Verhalten der verschiedenen Kulturgewächse gegen Ammoniak und Salpeter.

Wiederholt wurde darauf hingewiesen, daß die Kulturgewächse ein verschiedenes Verhalten gegenüber den in Form von schwefelsaurem Ammoniak oder als Salpeter in den Boden gebrachten Stickstoff

zeigen. So betonen zahlreiche Autoren[1]), daß speziell der Kartoffel der Ammoniakstickstoff mehr zusage als der Salpeterstickstoff, während dies von anderen[2]) bestritten wird; dagegen stimmen in bezug auf die Rübendüngung die Ansichten im allgemeinen darin überein, daß zum mindesten der Ertrag an Rübenmasse durch die Salpeterdüngung günstiger beeinflußt werde, als durch das schwefelsaure Ammoniak, während allerdings hinsichtlich des Ertrages an Zucker von manchen dem Ammoniak der Vorzug gegeben wird[3]). Daß insbesondere bei der Rübendüngung der Natrongehalt des Salpeters nicht bedeutungslos ist, wird weiterhin zu erörtern sein. Im übrigen ist jedoch die Frage danach, ob der Ammoniak, oder der Salpeterstickstoff als solcher als die geeignetere Form bei der Ernährung unserer Ackergewächse anzusehen ist, nicht von erheblicher Bedeutung. Denn während allerdings bei Reis und anderen Sumpfpflanzen[4]), wahrscheinlich auch bei Waldbäumen[5]) die direkte Auf-

[1]) Vgl. u. a.: *Blomeyer*, die Kultur der landw. Nutzpflanzen. Bd. II, p. 29.
Klöpfer, Jahresber. d. Agric. Chemie, 41. 1898, p. 108.
Brandt, Hannov. land- u. forstw. Zeitung, 54. 1901, p. 208.
M. Fischer, Fühlings landw. Zeitung, 50. 1901, p. 340.
Jattka, Deutsch. landw. Presse, 30. 1903, p. 162.
L. Meyer, Deutsch. landw. Presse, 30. 1903, p. 179.
Schneidewind u. *Meyer*, Landw. Jahrbuch. Bd. 33, 1904, p. 335.

[2]) Z. B. sagt *Krafft*, die Pflanzenbaulehre, 7. Aufl. 1903, p. 152 ohne jede Einschränkung: „Schwefelsaures Ammoniak hat sich für Kartoffeln nicht bewährt! (!)

[3]) Vgl. *Blomeyer* l. c., p. 115, *Schneidewind* u. *Meyer* l. c., p. 342.

[4]) Vgl. *Pfeffer*, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Bd. I, p. 396.
Nagaoka, Zentralblatt für Agric. Chemie, 1905, p. 148.

[5]) Vgl. *Ebermeyer*, Ber. d. Dtsch. Botan. Ges. Bd. 6, 1888, p. 217.

nahme von Ammoniakstickstoff die Regel ist, findet in der Ackererde die Überführung des Ammoniaks in Salpeter fast ausnahmslos so rasch statt, daß für die Ernährung der auf dem Felde angebauten Pflanzen der Salpeterstickstoff zweifellos in erster Linie in Betracht kommt. Es erscheint aus diesem Grunde überflüssig, die sehr zahlreichen älteren und neueren Arbeiten zu zitieren, die sich mit der direkten Ammoniakverwertung durch die Ackergewächse beschäftigen, umsomehr als *Ehrenberg*[1]) kürzlich eine umfassende Darstellung dieses Gegenstandes geliefert hat und auch er sowohl auf Grund seiner kritischen Besprechung der bereits vorliegenden Arbeiten wie auch im Hinblick auf eigene Versuchsergebnisse ebenfalls zu dem Schlusse geführt wird, daß, von seltenen Ausnahmefällen abgesehen, zweifellos weitaus die größte Menge des von den Pflanzen aufgenommenen Stickstoffs in Form von Salpeter in diese gelangt. Als Grund für die differente Wirkung einer Ammoniak- beziehungsweise einer Salpeterdüngung kann demnach das differente Verhalten der verschiedenen Kulturgewächse gegenüber den beiden Stickstoffformen kaum in Betracht kommen.

B. Die besonderen Eigenschaften von Ammonsulfat und Natronsalpeter.

Größere Wichtigkeit für die Erklärung der ungleichen Wirkung von schwefelsaurem Ammoniak und Chilesalpeter, als dies bei der soeben erörterten Tatsache der Fall war, muß den besonderen Eigenschaften

[1]) *Ehrenberg*, Mitt. d. landw. Institute Breslau. Bd. IV, p. 243.

der beiden Düngemittel beigemessen werden. Es kommen in dieser Hinsicht vier Tatsachen in Frage, deren Bedeutung sogleich zu erörtern sein wird. Es sind dies zunächst die physiologischen Besonderheiten der beiden Salze, d. h. die physiologisch saure Natur des Ammonsulfats und die physiologische Basizität des Natronsalpeters, ferner der Natrongehalt des letztgenannten Düngemittels als solcher, weiterhin die verschiedene Beweglichkeit der beiden Salze im Boden und endlich die ungleiche Schnelligkeit der düngenden Wirkung beider Substanzen.

1. Die physiologischen Besonderheiten der beiden Salze.

Es ist insbesondere von *Prianischnikow*[1]) darauf hingewiesen worden, daß die nicht selten, namentlich bei Laboratoriumsversuchen recht ungünstige Wirkung der Ammoniaksalze, vor allem des schwefelsaurem Ammoniaks wenigstens zum Teil in der physiologisch sauren Beschaffenheit dieser Salze begründet ist. Namentlich in Nährlösungen tritt diese schädliche Wirkung der Acidität besonders deutlich hervor, in ausgesprochendstem Maße naturgemäß dann, wenn Carbonate in der Lösung fehlen, wie dies z. B. bei den von *Kossowitsch*[2]) ausgeführten Versuchen der Fall war. *P. Wagner*[3]) schloß auf Grund früherer Versuche, daß die Schwefelsäure des in der Düngung

[1]) *Prianischnikow*, Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft. Bd. XXIII 1905, p. 16.

[2]) *Kossowitsch*, Russ. Journ. f. experimentelle Landwirtschaft. Bd. V, 1904, p. 608.

[3]) *Wagner*, Die Stickstoffdüngung der landw. Kulturpflanzen. 1892, p. 219.

gegebenen Ammonsulfats auf die Pflanzen keinen nachteiligen Einfluß ausübe, dies allerdings unter der Voraussetzung, daß der Boden soviel Kalk enthalte, um das Zustandekommen einer sauren Reaktion zu verhindern.

In ähnlicher Weise hatte sich übrigens auch schon vor *Wagner Heuermann*[1]) auf Grund eingehender Versuche ausgesprochen. Immerhin weist auch er die Möglichkeit einer schädlichen Wirkung der mit Ammonsulfat in den Boden gelangenden Schwefelsäure speziell für Böden sauren Charakters nicht von der Hand. Durch die physiologisch saure Beschaffenheit des Ammonsulfats ist vielleicht auch der ungünstige Erfolg zu erklären, den *Löhnis*[2]) gelegentlich auf dem ziemlich kalkarmen Boden des in Oberholz gelegenen Versuchsfeldes des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig bei entsprechenden Düngungsversuchen konstatierte und für den seinerzeit keine ausreichende Erklärung gefunden werden konnte. Wenn also im allgemeinen eine ausgesprochene Schädigung der Versuchspflanzen durch die physiologisch saure Beschaffenheit des schwefelsauren Ammoniaks zwar nur in Ausnahmefällen zu erwarten ist, so dürfte doch jedenfalls dieser Gesichtspunkt namentlich dann, wenn es sich um kalkarme, zur Säurebildung neigende Böden handelt, nicht völlig außer Acht zu lassen sein.

Im Gegensatz hierzu ist es andererseits aber auch recht wohl denkbar, daß speziell auf schwefelsauren Böden die physiologisch basische Beschaffenheit des

[1]) *Heuermann*, können größere Mengen gebundener Schwefelsäure nachteilig auf die Vegetation wirken? Dissertation. Gießen 1888.

[2]) *Löhnis*, Mitt. d. landw. Instituts Leipzig, Heft III, p. 25.

Salpeters diesen zu besonders vorteilhafter Wirkung verhilft; außerdem kann naturgemäß das Natron des Chilesalpeters noch besondere Wirkungen ausüben, über die sogleich einiges zu sagen sein wird.

Auch bei einer Ammoniakdüngung ist es übrigens nicht völlig ausgeschlossen, daß in Erden, die reich sind an kohlensaurem Kalk, speziell dann, wenn durch Trockenheit des Bodens oder andere ungünstige Umstände die Nitrifikation gehemmt ist, infolge der Bildung von kohlensaurem bezw. freiem Ammoniak eine allzuhohe für die Pflanzenwurzeln schädliche Basizität der Bodenflüssigkeit hervorgerufen wird. Von *Stiehr*[1]) und von *Ehrenberg*[2]) sind diese Fragen neuerdings eingehend erörtert worden. Insbesondere schließt *Ehrenberg* aus diesem Verhalten der Ammoniaksalze auf die Notwendigkeit der Nitrifikation für die Ernährung der Kulturpflanzen. Unter den auf dem Felde vorliegenden Verhältnissen dürfte indessen die Möglichkeit einer nachteiligen Wirkung einer Ammoniakdüngung, wenn überhaupt, so doch nur in sehr seltenen Ausnahmefällen von erheblicher Bedeutung sein.

2. Der Natrongehalt des Salpeters.

Das im Chilesalpeter enthaltene Natron kann sowohl einen günstigen, als auch einen ungünstigen Einfluß auf die Entwicklung der damit gedüngten Gewächse ausüben. Günstig wirken kann es einmal dadurch, daß es aufschließend auf verschiedene Bodenbestandteile, vor allem auf Kali und Phosphorsäure,

---

[1]) *Stiehr*, Über d. Verhalten d. Wurzelhärchen gegen Lösungen. Dissertation. Kiel 1903.

[2]) *Ehrenberg*, Mitt. d. landw. Institute Breslau. Bd. IV, p. 206 u. f.

einzuwirken vermag, ferner dadurch, daß es direkt fördernd auf die Entwicklung der Pflanzen einwirkt und drittens, wiederum indirekt, durch die von ihm bewirkte Erhöhung der wasserhaltenden Kraft des Bodens. Während der zuletzt genannte Umstand für Äcker von leichterer Beschaffenheit entschieden von Vorteil sein kann, ist es dagegen gerade diese Wirkung des im Salpeter enthaltenen Natrons, die auf schweren Böden nicht selten recht nachteilig in die Erscheinung tritt, denn eine starke Salpeterdüngung hat hier nur allzuleicht ein Zusammenfließen und Verkrusten der obersten Bodenschicht zur Folge. Zweifellos überwiegen aber in den meisten Fällen die günstigen Wirkungen des Natron die ungünstigen bei weitem. Ältere wie neuere Versuche *Paul Wagners*[1]) lassen deutlich erkennen, daß sowohl bei Gefäß- als auch bei Felddüngungsversuchen nahezu der gleiche Erfolg bei einer Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak bez. mit Chilesalpeter dann erwartet werden darf, wenn den Gefäßen und Parzellen, die Ammoniak erhielten, eine entsprechende Natron-Beidüngung zuteil wird.

Am schärfsten tritt diese Tatsache naturgemäß bei den natronliebenden Rüben hervor, aber auch bei den anderen Kulturgewächsen ist die durch das Natron bewirkte Ausgleichung des durch das schwefelsaure Ammoniak oder durch den Chilesalpeter hervorgerufenen Mehrertrages so deutlich ins Auge fallend, daß man, soweit ein Schluß aus den bisher vor-

---

[1]) *Wagner*, Die Stickstoffdüngung der landw. Kulturpflanzen 1892, p. 227.
Arb. d. D. L. G. Heft 80, p. 22.

liegenden verhältnismäßig wenig zahlreichen Versuchsergebnissen möglich ist, folgern darf, daß für die Minderwirkung, die das schwefelsaure Ammoniak gegenüber dem Chilesalpeter bei sogenannten vergleichenden Düngungsversuchen wiederholt gezeigt hat, es sich in Wirklichkeit nicht so sehr um eine Verschiedenartigkeit in der Stickstoffwirkung gehandelt habe, sondern daß vielmehr der Ausfall des Versuches durch das Vorhandensein bezw. Fehlen des Natrons in der Düngung veranlaßt wurde. Streng genommen sollten ja allerdings nur diejenigen Düngungsversuche als maßgebend anerkannt werden, bei denen durch eine entsprechende Beigabe von Natron auf den Ammoniakparzellen überhaupt erst ein korrekter Vergleich möglich gemacht ist. Jedenfalls muß es als sehr wünschenswert hingestellt werden, daß in Zukunft bei derartigen Versuchen dieser wichtigen Tatsache in ausreichendem Maße Rechnung getragen werde.

Ob mitunter durch lange fortgesetzte Salpeterdüngung speziell durch die mit der Zeit eintretende Anhäufung des Natrons im Boden eine deutliche Schädigung der Versuchspflanzen hervorgerufen werden kann, steht noch dahin. *Wagner*[1]) konnte bei dreijährigen Versuchen nichts derartiges bemerken; aber wenn auch diese Versuche wohl noch als zu kurz anzusehen sind, und andererseits die physikalische Verschlechterung schwerer Böden durch wiederholte Salpeterdüngung nicht in Abrede gestellt werden kann, so ist doch diese immerhin mögliche Schädigung nicht von erheblicher Bedeutung, da durch regelmäßig

[1]) *Wagner*, Arb d. D. L. G. Heft 80, p. 64.

wiederholte Kalkung des Bodens, wie sie in einer geordneten Wirtschaft ohnehin üblich zu sein pflegt, dieser Nachteil in einfacher Weise beseitigt werden kann.

3. Die Beweglichkeit des Ammoniaks und des Salpeters im Boden.

Die rasche Verbreitung, die der Salpeter infolge seiner Leichtlöslichkeit in der Bodenflüssigkeit und infolge des Fehlens von Absorptionsvorgängen im Acker findet, können sowohl fördernd wie vermindernd auf den von ihm hervorgerufenen Erfolg einwirken, wie andererseits auch die verschiedenen Möglichkeiten, die für die Festlegung des Ammoniaks im Boden maßgebend sein können, sich in manchen Fällen als vorteilhaft, in anderen als nachteilig erweisen mögen. Die leichte Beweglichkeit und die vollkommene Verbreitungsfähigkeit des Salpeters im Boden verschafft ihm naturgemäß in nicht wenigen Fällen einen Vorsprung vor dem schwefelsauren Ammoniak. Andererseits geht aber auch nur allzuleicht ein beträchtlicher Teil des in Form einer Salpeterdüngung dem Boden zugeführten Stickstoffes mit den Sickerwässern verloren. Es kann denn auch bei einer Salpeterdüngung im Durchschnitt nur mit einer etwa 60% betragenden Stickstoffausnutzung[1]) gerechnet werden. Die leichte Auswaschbarkeit des Salpeters ist es ja auch gerade, die in besonders niederschlags-

[1]) Vgl. *Stutzer*, in v. d. Goltz's Handbuch Bd. II 1889, p. 338; *P. Wagner*, die Steigerung der Bodenerträge etc. 2 Aufl. 1889, p. 39 und
Arb. d. D. L. G. Heft 129, 1907, p. 223.

reichen Jahren das Ammoniak als das wirksamere Düngemittel erscheinen läßt, und eben dieser Umstand wird, wie oben dargelegt, von manchen Autoren gegen die mitunter hervortretenden relativ recht günstigen Wirkungen des Ammonsulfats in der Weise ausgenutzt, daß sie sagen, die Ergebnisse solcher Versuche, in denen der Salpeter infolge Versickerung nur ungenügend zur Wirkung kam, seien überhaupt nicht zu einer Urteilsbildung brauchbar.

Es kann indessen kein Zweifel darüber bestehen, daß die Möglichkeit von Salpeterverlusten auf dem angegebenen Wege sehr wohl im Auge zu behalten ist. Eine Festlegung des Salpeterstickstoffs im Boden ist nach allem, was bisher hierüber festgestellt wurde, unter den natürlichen Bedingungen wohl stets von untergeordneter Bedeutung, während allerdings die durch Mikroorganismen des Bodens bewirkte Salpeterassimilation in jenen Fällen entschieden eine sehr wichtige Rolle gespielt hat, in denen eine gleichzeitige Düngung von Salpeter und Stroh oder unzersetztem Stalldünger ungünstig wirkte, also jene Erscheinung sich bemerklich machte, die *Wagner* irrtümlich als Denitrifikationsvorgang auffaßte. [1])

Ganz im Gegensatz hierzu ist für die meisten Böden, wie gesagt, die Festlegung des Ammoniaks im Acker von großer Bedeutung. *Ehrenberg* [2]) hat

---

[1]) Über diese von dem genannten Autor im Jahre 1895 aufgestellte und von ihm bis in die neueste Zeit (trotz ihrer durch die Arbeiten zahlreicher Forscher einwandfrei erwiesenen Unrichtigkeit) immer wiederholte Behauptung vgl. insbesondere *Löhnis*, Mitt. d. landw. Instituts Leipzig Heft 7, p. 57, 58.

[2]) *Ehrenberg*, l. c. p. 191 ff.

vor kurzem alle diejenigen Arbeiten zusammengefaßt, die über die physikalische, chemische und biologische Bindung des Ammoniaks orientieren. Daß in erster Linie der chemischen, in zweiter der biologischen Festlegung erhebliche Wichtigkeit beizumessen ist, kann danach nicht mehr zweifelhaft sein. Im einzelnen bedürfen indessen noch zahlreiche Punkte der erforderlichen Klärung. Es bleibt festzustellen, wie die verschiedenen für die Ammoniakfestlegung in Betracht kommenden Faktoren in den verschiedenen Böden zusammenwirken und inwiefern sie sich im einzelnen Falle von Nutzen oder von Schaden erweisen. Denn wenn auch der Nutzen der insbesondere auf chemischem Wege zustande kommenden Absorption ohne weiteres zu erkennen ist, wird doch gerade durch diesen Vorgang jenen Stickstoffverlusten erfolgreich vorgebeugt, die bei einer Salpeterdüngung die Ernten mitunter in unerwünschter Weise vermindern, so können sich doch andererseits auch verschiedene Nachteile, vor allem manche Verzögerungen des Nitrifikationsprozesses ergeben, von denen weiterhin des näheren zu sprechen sein wird. Insbesondere kommt in dieser Hinsicht die Tatsache in Betracht, daß das Ammoniak für zahlreiche Bodenbewohner eine viel zusagendere Stickstoffquelle darstellt, als der Salpeter, es also viel leichter als dieser den angebauten Nutzpflanzen durch die Tätigkeit der Mikroorganismen des Ackers in beträchtlichem Umfange entzogen werden kann.

4. Die Schnelligkeit der düngenden Wirkung von Ammoniak und von Salpeter.

Die ungleiche Beweglichkeit der beiden Stickstoffformen im Boden ist vor allem auch der Grund der

verschiedenen Schnelligkeit der düngenden Wirkung, die den beiden Düngemitteln eigen ist. Während der leichtlösliche Salpeter sofort von den Pflanzen aufgenommen werden kann und eben deshalb in so hervorragender Weise zur Kopfdüngung geeignet erscheint, ist das zunächst im Boden festgelegte Ammoniak den Wurzeln der Ackergewächse im allgemeinen nicht so leicht erreichbar, erst mit fortschreitender Nitrifikation wird eine vollkommenere Verbreitung und demgemäß eine bessere Ausnutzung möglich. Ist jedoch die Nitrifikation durch irgend einen der sogleich eingehend zu besprechenden Umstände gehemmt, so wird allerdings die Verwertung des Ammoniakstickstoffes sich in verhältnismäßig engen Grenzen halten müssen. Zweifellos hat sich gerade aus diesem Grunde die Verwendung des schwefelsauren Ammoniaks als Kopfdünger in zahlreichen Fällen nicht bewährt, wie sehr aber hierbei der jeweils herrschende Witterungscharakter, bezw. die durch ihn veranlaßte Förderung oder Verzögerung der Salpeterbildung von maßgebenden Einfluß ist, das geht insbesondere aus Beobachtungen hervor, die in dieser Richtung von *Kirchner*[1]), *Klöpfer*[2] und *Clausen*[3]) gemacht wurden. Da es sich bei der Nitrifikation nicht um einen prompt verlaufenden chemischen Prozeß, sondern um die Lebensäußerung von Bodenorganismen handelt, so ist naturgemäß auch die Zeit von Einfluß auf den Verlauf der Umsetzung bezw. auf die Schnelligkeit, mit der eine Ammonsulfat-Düngung zur Wirkung kommt.

---

[1]) *Kirchner*, Deutsche landw. Presse, 1901, p. 171.

[2]) *Klöpfer*, Fühlings landw. Zeitung, 1902, p. 231, 1903, p. 341, 388.

[3]) *Clausen*, Ill. landw. Zeitung, 1902, p. 133, 1903, p. 892.

In der Praxis wird denn auch dieser Tatsache fast allgemein dadurch Rechnung getragen, daß man das schwefelsaure Ammoniak etwas früher als den Salpeter auf das Feld zu bringen pflegt. Über die Zeiträume, die bei verschieden hoher Temperatur für die Nitrifikation erforderlich sind, hat auch *P. Wagner* [1]) spezielle Untersuchungen ausgeführt. Dagegen brachte er bei seinen zahlreichen Düngungsversuchen das Ammoniak fast ausnahmslos gleichzeitig mit dem Salpeter zur Anwendung, dessen Wirkung somit von vornherein begünstigt war. Indessen ist die rasche Aufnahme des Salpeterstickstoffes durch die Pflanzen in der landwirtschaftlichen Praxis keineswegs allenthalben von Vorteil. Die dadurch nicht selten bewirkte „Mästung" der Pflanzen kann mitunter entschieden von Nachteil sein, und es wird denn auch gerade beim Anbau bestimmter Kulturgewächse (Braugerste) dem „langsamer wirkenden" schwefelsauren Ammoniak gerade wegen dieser Eigenschaft der Vorzug gegeben.

C. Die Überführung des Ammoniaks in Salpeter.

Es wurde bereits wiederholt betont, daß für die düngende Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks die Nitrifikation des darin enthaltenen Stickstoffes von großer Wichtigkeit sei. Im Gegensatz zu einigen im Laufe der letzten Jahre auftauchenden Ansichten, die dahin gingen, daß der Ammoniakstickstoff (in unveränderter Form) den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ebenso oder sogar noch mehr zusage als der Salpeter-

[1]) *Wagner*, Heft 80 der Arbeiten der D. L. G., p. 13.

stickstoff, wurde von *Ehrenberg*[1]) in ausführlicher Darstellung nachgewiesen, daß die bisher fast allgemein geltende Anschauung zu Recht besteht, derzufolge der Salpeter als die geeignetste Stickstoffquelle für die Ackergewächse gelten muß. Die Nitrifikation ist entschieden die wichtigste Voraussetzung für die vorteilhafte Wirkung einer Ammoniakdüngung. Damit ist aber auch zugleich der Hauptgrund für die überaus schwankenden und zuweilen recht ungenügenden Wirkungen dieses Düngemittels gegeben. Denn da die Tätigkeit der salpeterbildenden Bakterien im Boden von allerhand Umständen abhängt und durch allerhand störende Momente beeinträchtigt werden kann, so muß eben auch der Erfolg der Düngung je nach den (meist nur recht unvollständig bekannten) Umständen und Verhältnissen differieren.

Als störende Momente kommen in Betracht: die Möglichkeit des Auftretens von Stickstoffverlusten in gebundener oder in elementarer Form bei der Verwendung bezw. bei der Nitrifikation des Ammoniaks, sowie die Hemmung des Nitrifikationsprozesses infolge sehr widerstandsfähiger Bindung des Ammoniaks durch chemische oder durch biologische Vorgänge im Boden. Weiterhin wäre die Abhängigkeit der Salpeterbildung von den im Acker herrschenden chemischen und physikalischen Bedingungen ins Auge zu fassen und insbesondere zu erörtern, in welcher Weise der Kalkgehalt, die Jahreszeit, die Temperatur, die Feuchtigkeit sowie die Durchlüftung des Bodens auf den in Rede stehenden Prozeß einzuwirken imstande sind.

---

[1]) *Ehrenberg*, l. c., p. 243 ff.

1. Die Möglichkeit des Auftretens von Stickstoffverlusten.

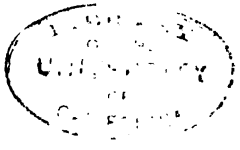
Als wichtigsten Grund für die in manchen Fällen beobachtete Minderwirkung des schwefelsauren Ammoniaks im Vergleiche zum Chilesalpeter hat *Wagner* [1]) in zahlreichen Veröffentlichungen die von ihm aufgestellte Behauptung immer von neuem wiederholt, daß erstens die Salpeterbildung stets mit Verlusten an Stickstoff in elementarer Form verknüpft sei und deshalb aus 100 Teilen Ammoniakstickstoff nur etwa 90 Teile Salpeterstickstoff gebildet werden könnten, zweitens sei die Minderwirkung, die das schwefelsaure Ammoniak auf dem Felde im Vergleich mit den bei Gefäßversuchen erlangten Ergebnissen zeigte, zweifellos wenigstens zum großen Teil auf Ammoniakverdunstung zurückzuführen. Für beide Behauptungen hat der genannte Autor, wie sogleich nachzuweisen sein wird, stichhaltige Beweise nicht erbracht. Gleichwohl sagt [2]) er in Bezug auf die nach seiner Meinung stets vorhandene Unvollständigkeit der Nitrifikation: „Diese Tatsache betrachte ich als eine vollkommen feststehende, und unsere Forschungsarbeiten über dieselbe sind damit zum Abschluß gebracht;" es glauben denn auch infolgedessen verschiedene Autoren [3]), daß *Wagner* wirklich „nachgewiesen" habe, daß bei der Nitrifikation „7 bis 10% des Stickstoffes verloren"

---

[1]) *Wagner*, Die Stickstoffdüngung der landw. Kulturpflanzen 1892, p. 210, Arb. der L. G. Heft 80, p. 7, 15, 62, Heft 129, p. 239.

[2]) Arb. d. L. G. Heft 80, p. 17.

[3]) Z. B. *Römer*, Arb. d. L. G. Heft 121, p. 23, vgl. auch die in der Einleitung mitgeteilte Stellungnahme *von Seelhorsts*.



gehe. In bezug auf die zweite Behauptung, daß auf dem Felde bedeutende Ammoniakverluste zu erwarten seien, sagt *Wagner*[1]) gleichfalls: „Dieser Satz steht fest und ist mit Sicherheit erwiesen". Sehen wir zu, ob und inwieweit diese Angaben zu Recht bestehen.

a) Die Ammoniakverdunstung.

Man darf wohl sagen, daß bis zum Jahre 1903 allgemein der Ansicht beigepflichtet wurde, daß eine Verflüchtung von Ammoniak aus der Ackererde nicht oder doch nur in Ausnahmefällen zu befürchten sei. Voraussetzung hierbei war allerdings, daß das Ammonsulfat oder andere ammoniakhaltige Düngemittel nicht gleichzeitig mit Ätzkalk zur Anwendung kamen[2]). Zwar ließ sich bereits im Jahre 1888 *Frank*[3]) durch einige recht unzulängliche Beobachtungen zu der Ansicht verleiten, daß sich namentlich auf schweren Böden der größere Teil des in der Düngung gegebenen Ammoniaks „verflüchtige"; indessen fand dieser Ausspruch keinerlei Anklang. Ebenso führten verschiedene andere, namentlich von französischen Autoren[4]) durchgeführte Arbeiten zu dem Schluß, daß zwar aus unfruchtbarem Sand bei relativ geringem Wassergehalt und hoher Temperatur ziemlich unabhängig vom Kalkgehalt Ammoniak verdunsten kann, daß aber aus Ackererde nur bei sehr großem Kalk-

[1]) l. c. Heft 129.

[2]) Vgl. *Heiden*, Lehrbuch der Düngerlehre 2. Aufl. Bd. II 1887, p. 814.

[3]) *Frank*, Landw. Jahrb. 1888, p. 421.

[4]) Vgl. *Fichard*, Ann. agron. 1884, p. 302.
Bréal, l. c. 1897, p. 356.
Giustiani, l. c. 1899, p. 325, 1901, p. 462.

reichtum und unverhältnismäßig hoher Temperatur eine geringe Ammoniakmenge entweichen könne. Im Jahre 1903 veröffentlichte aber nun *Wagner*[1]) einige Versuche, die *Hals* im Jahre 1901 an der Darmstädter Versuchsstation ausgeführt hatte und bei denen sich scheinbar recht bedeutende Ammoniakverluste (23 bis 43%) ergaben. *Wagner* schließt allerdings hieraus zunächst (a. a. O. S. 16) nur, daß die Versuche lediglich zeigen sollen, daß unter Umständen ein erheblicher Stickstoffverlust infolge von Ammoniakverdunstung eintreten kann und betont ausdrücklich: „Es ist selbstverständlich, daß diese Ergebnisse nicht unmittelbar auf praktische Verhältnisse übertragen werden können." Wie notwendig diese Einschränkung war, geht aufs deutlichste daraus hervor, daß z. B. 1500 g Sand mit 7,6% kohlensaurem Kalk in nur 4 cm hoher Schicht, mit 0,5 g Stickstoff in Form von schwefelsaurem Ammoniak bestreut, den Einwirkungen von Sonne und Wind ausgesetzt wurden. Aber ganz abgesehen von dieser, den in der Natur gegebenen Bedingungen in keiner Weise entsprechenden Anordnung des Versuches sind die ermittelten Resultate deshalb vollständig wertlos, weil, wie das bereits von *Löhnis*[2]) nachdrücklich betont wurde, überhaupt keine Gesamtstickstoffbestimmungen ausgeführt, sondern lediglich die vorhandenen Ammoniak- und Salpetermengen festgestellt wurden, mithin jeder Nachweis über den Verbleib des zugeführten Stickstoffs fehlt. Aber weder die Unzulänglichkeit dieser Versuche noch die oben zitierte sehr gerechtfertigte Einschränkung hindern

[1]) Arb. d. L. G. Heft 80, p. 14.

[2]) *Löhnis*, Mitt. d. landw. Instit. Leipzig, Heft 7, p. 52.

Wagner, bereits auf S. 62 derselben Schrift sich wie folgt zu äußern: „Es ist nicht zu bezweifeln, daß auch bei den von uns ausgeführten Feldversuchen die geringere Wirkung des Ammoniakstickstoffs — zum großen Teil wenigstens — auf Stickstoffverluste zurückzuführen ist, die durch Ammoniakverdunstung entstanden sind." Und neuerdings soll es, wie oben angeführt, sogar „sicher erwiesen" sein, daß auf dem Felde bedeutende Ammoniakverluste zu erwarten und namentlich sie als die Ursache der Minderwirkung des schwefelsauren Ammoniaks im Vergleich zum Chilesalpeter anzusehen seien. Indessen haben, wenn wir absehen von den verschiedenen, nicht durch eigene Versuche gestützten, zum Teil auch als Reklameschriften[1]) jedes wissenschaftlichen Wertes entbehrenden Wiederholungen der von *Wagner* aufgestellten Behauptungen neuere Arbeiten anderer Autoren über diese Frage ausnahmslos die ältere Ansicht bestätigt, demzufolge nur in Ausnahmefällen beträchtliche Verluste durch Ammoniakverdunstung zu erwarten sind. So erhielt *Sessous*[2]) Ammoniakverluste, die zwischen 0,49 und 16,69 % schwanken, meist aber nur 1—3 % betragen, und zwar machten sich diese Verluste bei nur in kleinem Maßstabe durchgeführten Versuchen bemerklich, bei denen durch reichliche Kalkzugabe, geringe Tiefe der Bodenschicht und erhöhte Temperatur die Ammoniakverdunstung ganz besonders begünstigt war. Trotzdem stellen sich wie gesagt fast überall nur ganz unbedeutende Verluste ein; die nur in einem Falle erreichte relativ hohe Zahl von 16,69 %

---

[1]) Vgl. *Weitz,* D. Chilesalpeter 1905, p. 438.

[2]) *Sessous,* Dissertation Jena, 1904.

ergab sich für fast reinen Sand mit 16,2 % (!) Kalk, der bei 35 ° gehalten wurde. *Sessous* schließt zwar aus seinen Ergebnissen[1]), daß man danach in der Tat „in den meisten Fällen", in denen auf dem Felde eine Minderwirkung des Ammoniaks im Vergleich zum Salpeter zu konstatieren war, der Verdunstung von Ammoniak einen nicht unbedeutenden Teil der Schuld an der Minderwirkung beizumessen habe, diese Folgerung findet aber, wie dargelegt, in Wirklichkeit durchaus keine ausreichende Stütze in *Sessous'* Befunden, die eben lediglich für einen außerordentlich kalkreichen Sand, den man als Ackererde kaum irgendwo in größerem Umfange vorfinden dürfte, größere Verluste ergaben, und auch diese nur bei abnorm hoher Temperatur. Bei ähnlichen Versuchen erhielt *Schneidewind*[2]) 16—30 % betragende Verluste, wenn er auf relativ kalkreichem Boden das schwefelsaure Ammoniak obenauf streute und dann die Apparate stark lüftete. Leider sind die Versuchsbedingungen nur sehr unvollständig mitgeteilt, sodaß man über den Wert der erlangten Zahlen im Zweifel bleibt. Als maßgebend für die Wirkung einer Kopfdüngung mit schwefelsaurem Ammoniak können sie jedoch zweifellos im allgemeinen nicht anerkannt werden, denn auch in diesem Falle führen Niederschläge das Ammoniak in der Regel bald in den Boden hinein. Daß andererseits auf kalkhaltigem Boden eine bei andauernd trockener Witterung ausgeführte Kopfdüngung mit Ammoniak nicht am Platze erscheint, ist eine Tatsache, der in der Praxis bereits von jeher Rechnung

---

[1]) l. c. p. 49.

[2]) *Schneidewind*, Landw. Jahrbuch 1904, p. 222.

getragen wurde[1]). Sehr sorgfältige Untersuchungen über die in Rede stehende Frage verdanken wir *Ehrenberg*[2]), der durch Versuche, die in ihrer Anlage möglichst den auf dem Felde gegebenen Bedingungen angepaßt waren, einwandfrei nachwies, daß in der Tat die Ammoniakverdunstung im allgemeinen gänzlich oder doch nahezu bedeutungslos ist[3]). Lediglich bei einer Kopfdüngung mit Ammonsulfat oder dann, wenn es sich um einen verhältnismäßig trockenen, stark erwärmten kalkhaltigen Sandboden handelt, kann eventuell demnach ein Ammoniakverlust durch Verflüchtung nachteilig auf den Erfolg einwirken, dagegen ist es durchaus unrichtig und in keiner Weise erwiesen, daß dieser Vorgang von großer allgemeiner Bedeutung für die Praxis sei.

b) Die Entbindung von elementarem Stickstoff.

Daß die Salpeterbildung stets mit Stickstoffverlusten verbunden sei, ist, soweit ich sehe, zuerst von *Maercker*[4]) behauptet worden. In seiner Darstellung sind indessen auch alle diejenigen Vorgänge mit in den Kreis der Betrachtung gezogen worden, die als

---

[1]) Gegen eine Ammoniakkopfdüngung auf kalkreichem Boden sprachen sich insbesondere *Warington* (cit. nach *Wagner*, l. c. p. 63) und *Heinrich* (Dünger und Düngen) 5. Aufl. 1904, p. 33 aus.

[2]) *Ehrenberg*, l. c. p. 115 ff.

[3]) So sagt auch *Takenchi* (Bull College of Agric. Tokio Unio 1907 Nr. 3, p. 443 ref. Experim. Stat. Records 1907, p. 123) „that there is no danger of losing any significant amount of ammonia by manuring a soil with ammonium sulphate where calcium carbonate is present."

[4]) *Maercker*, Jahrb. D. D. L. G. 1887, p. 56.

Ammonoxydations- oder Denitrifikationsvorgänge durchaus nicht unmittelbar mit der Salpeterbildung verknüpft sind. Über sie wird weiterhin einiges zu sagen sein. Die uns hier zunächst besonders interessierende Frage nach dem Vorkommen von Stickstoffverlusten bei der Nitrifikation des Ammoniaks ist zuerst von *Wagner*[1]) entschieden bejaht worden, zwar ließ er in seiner ersten Veröffentlichung noch die Frage offen, ob der auf Grund seiner Versuche auf etwa 10 % zu veranschlagende, nicht nitrifizierte Stickstoffanteil in elementarer Form entwichen oder durch Mikroorganismen in organische Bindung übergeführt worden sei, aber in den weiteren Veröffentlichungen trat die Ansicht, daß es sich in der Tat um Stickstoffverluste handle, immer mehr in den Vordergrund. Man hat sie, wie erwähnt, als „erwiesen" fast allgemein angenommen und *Wagner* selbst betrachtet die von ihm aufgestellte Behauptung, daß die Nitrifikation stets nur unvollständig verlaufe, als eine durchaus feststehende Tatsache. Seine hier in Betracht kommenden Forschungsarbeiten, die er als abgeschlossen ansieht, erstrecken sich allerdings lediglich auf eine Anzahl Versuche, in denen mit Ammonsalz vermischte Erde (250 bis 300 g) in enge ($6^1/_2$ cm weite, 17 cm hohe, mit $3^1/_2$ cm weitem Hals versehene) Glasgefäße eingefüllt und unter wechselnden Bedingungen der Nitrifikation überlassen wurde. Es ist klar, daß die Durchlüftung des Bodens unter solchen Umständen nur recht mangelhaft sein konnte, eine Tatsache, die naturgemäß für den Verlauf des Oxydationsprozesses keineswegs bedeutungslos ist. Höchst überraschend ist es aber,

[1]) *Wagner*, Die Stickstoffdüngung etc. 1892, p. 210.

daß die so unzulänglich begründeten Behauptungen *Wagners* im Laufe des letzten Jahrzehnts des vorigen Jahrhunderts zu so allgemeiner Anerkennung gelangen konnten, obwohl namentlich von *Schlösing sen.* und *jun.*[1]) durch sehr exakte Versuche einwandfrei erwiesen war, daß die Nitrifikation des Ammoniaks unter geeigneten Bedingungen restlos verläuft, daß somit Stickstoffverluste bei diesem Prozesse nicht zu erwarten sind. Auch einige, gleichfalls sehr sorgfältig angeordnete, aber in ihren Resultaten nicht gleich überzeugende Resultate *A. Ehrenbergs*[2]) wiesen unverkennbar darauf hin, daß bei dem Nitrifikationsprozeß keine Stickstoffverluste zu erwarten seien. Diese wichtigen Arbeiten blieben aber merkwürdigerweise fast völlig unbeachtet. Erst *Löhnis*[3]) hat sie neuerdings gebührend berücksichtigt und damit die Unrichtigkeit der auf *Wagners* Autorität basierenden herrschenden Anschauung erwiesen. Diese Arbeiten wurden im Anschlusse hieran von *P. Ehrenberg*[4]) nochmals ausführlich erörtert; außerdem führte dieser Autor auch seinerseits einige Versuchsreihen durch, in denen er gleichfalls, wenn (im Gegensatz zu *Wagners* Arbeitsweise) die Durchlüftung und die sonstigen Versuchsbedingungen möglichst vollkommen gestaltet wurden, keinerlei Stickstoffverluste eintraten. Die von *Wagner* zur Begründung seines „normalen" oder „wissenschaftlich festgestellten" Wertverhältnisses zwischen Ammoniak- und Salpeterstickstoff (= 90 : 100) aufgestellte Hypothese von dem

[1]) Comptes rendus de l'Acad. Paris Bd. 109, 1889, p. 423, 884.
„ 125, 1897, p. 826.

[2]) Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. 11, 1887, p. 438.

[3]) Mitt. d. landw. Instit. Leipzig, Heft 7, p. 50.

[4]) „ „ „ „ Breslau, Bd. IV, p. 172 ff.

zirka 10 % betragenden Stickstoffverlust muß demnach als erledigt angesehen werden.

Nun ist allerdings die Möglichkeit ins Auge zu fassen, daß vielleicht ein Teil des Ammoniakstickstoffs durch direkte Oxydation der Verbindung zu Wasser und Stickstoff entbunden werden könnte. Während aber diese Ammonoxydation für die Stickstoffumsetzungen im Stalldünger entschieden von Bedeutung zu sein scheint, liegt bisher kein Anhalt dafür vor, daß sie auch unter den im Acker gegebenen Bedingungen eine irgend in Betracht kommende Rolle zu spielen vermag[1]). Allerdings teilte neuerdings *Kaserer*[2]) mit, daß es ihm gelungen sei, aus Erde einen zur Ammonoxydation befähigten Bacillus azotofluerescens zu isolieren. Jedoch ist über dessen Wirken im Boden bisher nichts bekannt, andererseits steht aber fest, daß unter den für eine Oxydation günstigen Bedingungen der Ammoniakstickstoff durch die Tätigkeit der Salpeterbakterien restlos in Salpetersäure übergeführt wird, mithin die direkte, mit Stickstoffverlusten verknüpfte Ammonoxydation ohne jede praktische Bedeutung ist.

Eine unvollständige Nitrifikation muß, wie erwähnt, allerdings dann erwartet werden, wenn durch weitgehende Beschränkung des Luftzutritts (wie in den *Wagner'*schen Versuchen) oder in anderer Weise die Bedingungen für das Einsetzen des Denitrifikationsprozesses gegeben sind. Indessen ist ja auch dieser von *Wagner* weit über das richtige Maß hinaus als ungemein wichtig hingestellte Vorgang nur in seltenen

[1]) Vgl. *Löhnis*, l. c. p. 35.

[2]) *Kaserer*, Zeitschrift f. landw. Versuchswesen in Oesterreich, X. Jahrgang Heft 1 1907, p. 37—42.

Ausnahmefällen von einiger Bedeutung. Insbesondere können Denitrifikationsvorgänge bei unzweckmäßig eingerichteten Versuchen, wie bei denjenigen *Wagners,* allerdings eine Rolle spielen, für die Vorgänge im Acker kommen sie dagegen so gut wie gar nicht in Betracht. An dieser Tatsache wird auch dadurch nichts geändert, daß *Wagner,* ohne den zahlreichen mit seiner Hypothese in offenbarem Widerspruch stehenden Versuchsergebnissen irgendwie Rechnung zu tragen, auf seinem Standpunkte verharrt und seine Meinung immer von neuem wiederholt [1]).

2. Die Hemmung des Nitrifikationsprozesses durch Festlegung des Ammoniaks.

Die Festlegung die das Ammoniak in den meisten Böden erfährt, ist, wie oben dargelegt wurde, nicht in allen Fällen von Nutzen für seine Wirkung, es kann vielmehr die Bindung mitunter in einer Weise erfolgen, die eine Verwertung des betreffenden Stickstoffanteiles durch die Ackergewächse für kürzere oder längere Zeit ausschließt. Es kann sich hierbei entweder um den Einfluß von Zeolithen oder um denjenigen von Mikroorganismen handeln.

a) Der Einfluß der Zeolithe auf den Effekt der Düngung.

Bisher liegt lediglich eine, von *Pfeiffer* und *Einecke* [2]) veröffentlichte Arbeit vor, die es wahrscheinlich macht, daß durch zeolithartige Substanzen der in Form von Ammoniak in den Boden gelangende Stickstoff so fest gebunden werden kann, daß er den Pflanzen für

[1]) Vgl. *Löhnis*, l. c. p. 58.

[2]) Mitt. d. landw. Instit. Breslau, Bd. III 1905, p. 299.

kürzere oder längere Zeit faßt oder gänzlich unzugänglich wird. Allerdings sind die von den genannten Forschern erlangten Resultate nicht völlig einwandfrei, da sie mit Hilfe von Vegetationsgefäßversuchen erlangt wurden und da bei derartigen Versuchen naturgemäß kein ganz durchsichtiges Ergebnis zu erwarten ist. Es ist aus ihnen lediglich zu ersehen, daß die Zeolithzugabe die Stickstoffausnutzung herabgedrückt hat. Außerdem ist zu beachten, daß es sich um ein künstlich dargestelltes Silikat handelt. *Withers* und *Fraps* [1]) fanden dagegen den von einem natürlichen Zeolith (Chabasit) absorbierten Ammoniakstickstoff besonders leicht nitrifizierbar. Jedenfalls verdient aber dieser Punkt weitere Berücksichtigung und Bearbeitung.

b) Die Assimilation des Ammoniakstickstoffs durch Bodenorganismen.

Daß die Festlegung des Ammonstickstoffs durch Pilze und Bakterien des Bodens von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist, geht namentlich aus einigen Angaben *Schlösings* [2]) und *P. Ehrenbergs* [3]) mit größter Bestimmtheit hervor. Während dann, wenn die Bedingungen für die Nitrifikation besonders günstig sind, dieser Prozeß, wie dargelegt wurde, restlos verläuft, wird, je ungünstiger sich die Umstände für die Salpeterbakterien erweisen, diesen durch andere Bodenbewohner umsomehr an Ammonstickstoff ent-

---

[1]) *Withur* und *Fraps*, Report of Chemist. North. Carolina Agric. Experim. Stat. 1903, p. 31.
(cit. nach Kochs Jahresberichte über Gärungsorganismen Bd. XIV, p. 446).

[2]) *Schlösing*, Comptes rendus de l'Acad. Paris 125 1897, p. 824.

[3]) *Ehrenberg*, Mitt. d. landw. Instit. Breslau Bd. IV, p 143.

zogen. Dieser Kampf um den Stickstoff ist für die im Acker vorliegenden Verhältnisse entschieden von großer Bedeutung. Daß er von *Wagner* nie gebührend berücksichtigt wurde, hat namentlich *Löhnis* [1]) nachdrücklich betont. In seiner neuesten Veröffentlichung geht nun allerdings *Wagner* [2]) auch auf diese Frage etwas näher ein; obwohl er aber zugibt, daß dieser Vorgang stattfindet, bleibt für ihn doch noch die Frage offen, „ob die Menge des durch Bodenorganismen verbrauchten, in organische Substanz übergeführten Ammoniaks so groß sein kann, daß dies praktische Bedeutung hat." Er fährt fort: „Man beachte folgendes: Bei Gefäßkulturen beträgt die Wirkung des Ammoniakstickstoffs 94% der Salpeterwirkung, bei Feldkulturen nur 75%, also 20% weniger. Für diese um 20% geringerere Wirkung des Ammoniakstickstoffs bei Ackerkulturen suchen wir eine Erklärung. Soll diese Erklärung nun — zum Teil wenigstens — in dem Umstand gefunden werden, daß Bakterien einen Teil des Ammoniakstickstoffs in organische Substanz umwandeln, so macht man damit die Voraussetzung, daß diese Umwandlung im freiliegenden Ackerboden größer ist, als im Vegetationsgefäß. Woher aber nimmt man die Berechtigung zu dieser Annahme? Wo ist der Beweis, daß Bodenorganismen bei Ackerkulturen mehr Ammoniakstickstoff festlegen als bei Gefäßkulturen? Der Beweis ist nicht erbracht worden, man hat noch nicht einmal versucht, ihn zu erbringen." — Indessen liegt es auf der Hand, daß *Wagner* auch in diesem Falle mit

---

[1]) *Löhnis*, l. c. p. 52.

[2]) Arb. d. L. G. Heft 129 1907, p. 239.

seiner Meinung nicht im Rechte ist. Ein sehr wichtiges Beweisstück für die Richtigkeit der von ihm bezweifelten Ansicht hat er nämlich selbst geliefert, insofern er [1]) nachwies, daß die Höhe der Temperatur von großem Einfluß auf die Intensität des Verlaufes der Salpeterbildung ist. Daß dem Feuchtigkeitsgrad gleichfalls hervorragende Bedeutung zukommt, wurde namentlich von *Schlösing jun.* [2]) gezeigt, von *Wagner* [3]) auch gelegentlich erwähnt, aber allerdings nicht weiter berücksichtigt. Höhere Erdtemperatur und vollkommenere Regelung des Wassergehaltes des Bodens sind es nun gerade, die in Vegetationsgefäßen die Nitrifikation besonders begünstigen, die reichlichere Durchlüftung wirkt in gleicher Richtung. Erwiesen ist es andrerseits durch *Ehrenberg*, [4]) daß in Übereinstimmung mit den obigen Ausführungen die Ammonassimilation besonders dann deutlich hervortritt, wenn die Bedingungen für die Salpeterbildung ungünstig werden. Während *Schlösing sen.* [5]) in einigen für die Nitrifikation besonders geeigneten Versuchen nur zirka 2% des gegebenen Ammoniakstickstoffes in organische Form übergehen sah, belaufen sich die entsprechenden Werte bei *Ehrenberg* im günstigerem Falle auf reichlich 10, im ungünstigeren aber auf 20—28%. Wie sich hiernach ergibt, ist demnach allerdings der von *Wagner* vermißte Beweis bereits geliefert. Und es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß diese Störung des Nitrifikationsprozesses durch

---

[1]) *Wagner*, Arb. d. L. G. Heft 80, p. 13.
[2]) *Schlösing*, fils l. c.
[3]) l. c. p. 17.
[4]) *Ehrenberg*, l. c p. 143.
[5]) *Schlösing père*, Compt. rend. 109 1889, p. 427.

Ammonassimilation von großer praktischer Bedeutung ist. Leider ist aber noch relativ wenig Zuverlässiges darüber bekannt, wie es sich mit der Nitrifizierbarkeit des in den Leibern der ammonassimilierenden Mikroorganismen aufgespeicherten Stickstoffs verhält. Sicherlich werden hier recht weitgehende Differenzen zu erwarten sein, wie sich dies nicht nur aus dem bisher beobachteten verschiedenartigen Verhalten der Mikroorganismen ergibt, sondern auch aus der mitunter sehr deutlichen, in anderen Fällen nur äußerst geringen Nachwirkung einer Ammonsulfatdüngung. *Ehrenberg* [1]) gibt einige Hinweise auf die mitunter erstaunlich große Resistenz der Mycelien ammonassimilierender Pilze. Weitere Aufklärung muß speziellen Untersuchungen überlassen bleiben.

3. Die Abhängikeit der Salpeterbildung von chemischen und physikalischen Bedingungen.

Die Intensität der Salpeterbildung wird in mehr oder minder weitgehendem Maße durch folgende, zum Teil bereits erwähnte Faktoren beeinflußt: Erstens wirkt die chemische Bodenbeschaffenheit insbesondere der Kalkvorrat im Acker fördernd oder nachteilig auf die Tätigkeit der Nitrifikationsbakterien ein; weiterhin ist deren Wirken abhängig von dem spezifischen Einfluß der Jahreszeit, sowie von der Temperatur und der Feuchtigkeit des Bodens; schließlich kann aber auch die Durchlüftung der Erde einen beachtenswerten Einfluß ausüben.

---

[1]) *Ehrenberg*, l. c. p. 232—235, 241 f.

a) Der Einfluß der chemischen Bodenbeschaffenheit insbesondere des Kalkes.

Es ist ohne weiteres klar, daß in einem Boden, der reich ist an leicht aufnehmbaren Salzen, die Salpeterbakterien sich lebhafter vermehren und energischer tätig sein werden, als in einer nährstoffarmen Erde. Indessen kommt an dieser Stelle für uns von den verschiedenen mineralischen Substanzen lediglich der Kalk ernstlich in Betracht, denn bei vergleichenden Düngungsversuchen muß ja ohnehin durch eine Grunddüngung mit Kali und Phosphorsäure eine Vergleichsbasis für die Stickstoffdüngung geschaffen werden, hinsichtlich dieser beiden Salze dürften demnach in diesen Fällen wenigstens die Salpeterbakterien keinen Mangel zu leiden haben. Anders verhält es sich dagegen mit dem Kalk. Denn ebenso wie man bei vergleichenden Düngungsversuchen nicht selten eine entsprechende Natronbeigabe zum schwefelsauren Ammoniak unterläßt, so wird auch in ziemlich vielen Fällen nicht spezielle Rücksicht darauf genommen, daß das betreffende Feld Kalk in ausreichender Menge und Beschaffenheit enthält. Daß der Form, in welcher der Kalk im Boden vorhanden ist, erhebliche Bedeutung zukommt, geht namentlich aus einem von *Polzeniusz*[1]) mitgeteiltem Falle hervor; die betreffende Erde enthielt zwar insgesamt 0,546 % CaO, aber nur 0,014 % CaO als $CaCO_3$, infolgedessen erhöhte eine Kalkung die Nitrifikation des Ammonsulfats von 19 auf 76 %. Wie ungemein stark die Tätigkeit der Salpeterbakterien durch Kalkdüngung gefördert wer-

[1]) *Polzeniusz*, Zeitschrift f. land. Versuchswesen in Oesterreich, 1, 1898, p. 235.

den kann, geht aus einigen von *Wohltmann, H. Fischer* und *Schneider*[1]) veröffentlichten Angaben hervor. Nach allem, was bisher in dieser Hinsicht bekannt ist, wird keine andere Bakteriengruppe so bedeutend von den im Boden vorhandenen Kalkvorrat beeinflußt, wie eben die Nitrifikationsorganismen. Auch *Wagner*[2]) führte verschiedene Versuche aus, die zeigen, daß selbst in relativ kalkreichem Boden eine Mergelgabe die Salpeterbildung entschieden günstig beeinflussen kann, aber seine Ammoniakverdunstungstheorie führte ihn schließlich doch zu dem Satz[3]): „Es ist demnach ein großer Irrtum, wenn man glaubt, daß die Wirkung des Ammoniaksalzes um so mehr gesichert sei, je reicher der Boden an kohlensaurem Kalk ist". Nun ist ja zweifellos zuzugeben, daß in trockenen, abnorm kalkreichen Böden eine weitere Kalkung nicht vorteilhaft, sondern nachteilig wirkt. Dem hat die Praxis auch von jeher Rechnung getragen. Wenn aber *Wagner* zur Begründung seiner These speziell auf einige scheinbar in seinem Sinne verwertbare Ergebnisse von Feldversuchen hinweist, so muß demgegenüber unbedingt die sehr treffende Kritik berücksichtigt werden, die *P. Ehrenberg*[4]) an diesen Resultaten und den von *Wagner* daraus gezogenen Schlüssen übt. Beiläufig sei an dieser Stelle auch daran erinnert, daß, wie *Stutzer* und *Rothe*[5]) zeigten, die Ammonassimilation unter Umständen gleichfalls durch eine

---

[1]) *Wohltmann, H. Fischer* und *Schneider*, Journal f. Landw. 1904, p. 97.

[2]) Arb. D. L. G. Heft 80, p. 12.

[3]) l. c. p. 63.

[4]) *Ehrenberg*, l. c. p. 107, 111.

[5]) *Stutzer* u. *Rothe*, Fühlings landw. Zeitung 1904, p. 629 ff.

Kalkbeigabe verstärkt werden kann. — Neben den mineralischen scheinen auch die organischen Bodenbestandteile durchaus nicht bedeutungslos für den Verlauf der Salpeterbildung zu sein. Jedenfalls verhalten sich die Salpeterbakterien gegenüber den Humusbestandteilen des Bodens keineswegs so neutral, oder geradezu ablehnend, wie dies auf Grund von *Winogradskys* Ausführungen einige Zeit geglaubt wurde[1]). Wiederholt ist in den letzten Jahren festgestellt worden, daß gerade die Humussubstanzen entschieden günstig auf den in Rede stehenden Prozeß einwirken können. Dabei ist allerdings im Auge zu behalten, daß gerade diese Bodenbestandteile für die Feuchtigkeitsregulierung und für die Durchlüftung der Erde keineswegs bedeutungslos sind. Andrerseits können auch sie mitunter für antagonistische Prozesse (Ammonassimilation u. s. w.) von Wichtigkeit werden. Im allgemeinen darf aber wohl angenommen werden, daß für die Erklärung des verschiedenen Wirkungswertes von Ammonsulfat und Chilesalpeter die verschiedene Höhe des Humusgehaltes des Bodens nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist, denn wenn in sauren Humusböden die Nitrifikation nicht selten gänzlich unterbleibt, so liegt der Grund dieser Erscheinung nicht so sehr im Vorhandensein reichlicher Humusmengen an sich, sondern in dem durch die saure Reaktion verursachten Mangel an wirksamen Bakterien: Daß dem so ist, lehrt der oft geradezu überraschende Erfolg einer Kalkdüngung am deutlichsten.

---

[1]) Vgl. *Löhnis*, Zentralblatt f. Bakt. II. Abt. Bd. XIII 1904, p. 716.

b) Der Einfluß der Jahreszeit.

Aus einigen Untersuchungen, die zum Teil von *Löhnis* selbst, zum Teil von anderen unter seiner Leitung ausgeführt wurden, und die erst teilweise veröffentlicht sind[1]), geht hervor, daß die Jahreszeit an sich auf den Verlauf verschiedener Umsetzungen im Boden einen spezifischen Einfluß auszuüben pflegt. Insbesondere wies *Löhnis* bei seinen im Jahre 1904 durchgeführten Untersuchungen nach, daß die Intensität der Salpeterbildung im Sommer (Juli) in ähnlicher Weise sinkt, wie z. B. diejenige der Kalkstickstoffzersetzung und die der Stickstoffassimilation. Da es sich seinerzeit um einen abnorm trockenen Sommer handelte, so blieb es allerdings zunächst natürlich zweifelhaft, ob es sich hier um eine spezifische Einwirkung der Jahreszeit oder um eine Schädigung durch Wassermangel handelte. Die weiteren Untersuchungen lehrten nun aber, daß wenigstens bei der Kalkstickstoffzersetzung und bei der Stickstoffassimilation auch in Jahren mit normaler Witterung die charakteristischen Intensitäts-Kurven (mit dem steilen Abfall im Sommer) wiederkehrten. Es bleibt somit die Möglichkeit, daß auch manche ungenügende Wirkung einer verspäteten Ammoniakdüngung durch dieses Nachlassen der Bakterientätigkeit hervorgerufen wurde.

c) Der Einfluß der Temperatur und der Feuchtigkeit des Bodens.

Wie bereits erwähnt, verdanken wir insbesondere *P. Wagner* sowie *Schlösing jun.* sehr instruktive Fest-

[1]) Mitt. d. landw. Instituts Leipzig, Heft 7.
Löhnis und *Pillai*, Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. Bd. XIX, p. 87.

stellungen über den Einfluß dieser Faktoren, und es wurde gleichfalls schon darauf hingewiesen, wie sehr gerade diese Momente beachtet werden müssen, wenn ein richtiges Verständnis für die ungleiche Wirkung des Ammonsulfats im Vegetationsgefäß und auf dem Felde gewonnen werden soll. Aus jenen Darlegungen resultiert weiterhin, wie leicht der Fall eintreten kann, daß gerade durch ungünstige Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Ackererde, in dieser die Ammonassimilation die Nitrifikation und damit die Ausnutzung des in der Düngung gegebenen Ammoniakstickstoffs durch die angebauten Nutzpflanzen beeinträchtigt werden kann. Aus *Löhnis'* soeben zitierter Arbeit ist allerdings auch deutlich zu ersehen, wie besonders im zeitigen Frühjahr der günstige Einfluß der Jahreszeit über die ungünstige Wirkung der noch herrschenden niederen Temparatur dominieren kann. Aus den Mitteilungen des genannten Autors ist ferner zu ersehen, daß eine Sättigung der Wasserkapazität der betreffenden Erde zu 60 bis 80% entschieden als das Optimum anzusehen ist. Zweifellos sind gerade in den hier besprochenen Faktoren die Hauptgründe für die mitunter so sehr schwankenden Wirkungen einer Ammoniakdüngung gegeben, wie das unter anderem auch besonders von *Warington*[1]) bereits betont wurde.

d. Der Einfluß der Durchlüftung des Bodens.

Bei der Besprechung der von *Wagner* ausgeführten Nitrifikationsversuche wurde darauf hingewiesen, daß naturgemäß, da es sich bei diesem Vorgang um einen Oxydationsprozeß handelt, eine aus-

[1]) *Warington*, Zentralbl. f. Agric. Chemie 1901, p. 317.

reichende Durchlüftung der Erde für einen ungestörten Verlauf der Salpeterbildung unerläßlich ist. Indessen scheint, wie *Löhnis*[1]) gezeigt hat, diesem Gesichtspunkt, soweit die auf dem Felde vorliegenden Verhältnisse in Betracht kommen, doch nicht die ausschlaggebende Bedeutung zuzukommen, die ihm mitunter (ohne eingehende Begründung) beigelegt wurde. Allzuweitgehende Lockerung und Durchlüftung, wie sie auf dem Sandboden nicht gerade selten ist, kann vielmehr zu Stickstoffverlusten Veranlassung geben, sei es, daß die direkte Ammonoxydation einsetzt, sei es, daß unterstützt durch Trockenheit, Wärme und größeren Kalkvorrat auch die Ammonverdunstung in gewissem Umfange Platz greift. Der praktische Landwirt sorgt denn auch möglichst für einen gewissen „Schluß" des Bodens und gerade auch für die Nitrifikation ist ein solcher Zustand, schon der Feuchtigkeitsregulierung wegen, entschieden vorteilhaft. Daß allerdings andrerseits in einer stark verkrusteten Erde, in der wirklicher Luftmangel herrscht, die Salpeterbakterien nicht ungestört tätig sein können, bedarf keiner näheren Ausführung.

[1]) *Löhnis*, l. c. p. 46 f.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

III. Eigene Untersuchungen.

Wie aus der voraufgehenden Besprechung der für die Erklärung der ungleichen Wirkung von Chilesalpeter und Ammonsulfat in Betracht kommenden Tatsachen und Hypothesen hervorgeht, ist entschieden eine Nachprüfung mancher der aufgestellten Behauptungen und der Versuch, zur Beantwortung einiger noch offener Fragen zu gelangen, sehr am Platze.

Was zunächst das an erster Stelle besprochene differente Verhalten der verschiedenen Kulturgewächse gegen Ammoniak und Salpeter anlangt, so dürfte wohl die oben gegebene Antwort auf diese Frage als ausreichend zu erachten sein.

Von den an zweiter Stelle behandelten besonderen Eigenschaften von Ammonsulfat und Natronsalpeter erscheinen die physiologischen Besonderheiten der beiden Salze gleichfalls ausreichend bearbeitet. Dagegen dürfte die Bedeutung des Natrongehalts des Salpeters, der Einfluß der verschiedenen Beweglichkeit des Ammoniaks und des Salpeters im Boden, sowie die verschiedene Schnelligkeit der düngenden Wirkung beider Substanzen eine erneute Prüfung verdienen. Durch einen Felddüngungsversuch beabsichtigte ich den Einfluß des Natrons sowie die Schnelligkeit, mit der die beiden Stickstoffdünger im vorliegenden Falle zur Wirkung kommen würden, zu ermitteln. Laboratoriumsversuche, bei denen ein Sand-Tongemisch bekannter Zusammensetzung nach Zugabe von Zeolith

bezw. nach Vermengung mit besonders leicht assimilierbaren Ammonsalzen die Vorgänge der Ammonfestlegung im Boden in möglichster Klarheit zu erkennen gestattete, sollten in Verbindung mit zweckentsprechend eingerichteten Versuchen mit Erde verschiedener Beschaffenheit, einen weiteren Einblick in diese entschieden höchst wichtigen, aber im ganzen noch zu wenig beachteten Vorgänge ermöglichen.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind aber, wie dargelegt wurde, alle diejenigen Vorgänge, die mit der Überführung des Ammoniaks in Salpeter im Zusammenhang stehen oder wenigstens nach weitverbreiteter Ansicht stehen sollen. Wenn auch die *Wagner'*sche Hypothese der Ammoniakverdunstung für die wissenschaftliche Diskussion so ziemlich als erledigt angesehen werden darf, so erschien es doch, im Hinblick auf die Ausdauer, mit der dieselbe immer von neuem wiederholt wird, nicht überflüssig, nochmals einige Versuche in dieser Richtung auszuführen. Ähnlich verhält es sich mit den angeblich mit der Salpeterbildung regelmäßig verknüpften Stickstoffverlusten. Die älteren Arbeiten von *A. Ehrenberg* und *Schlösing* hätten, wie gezeigt wurde, die betreffende *Wagner'*sche Hypothese von vornherein als unhaltbar erscheinen lassen müssen. Da aber eben diese irrigen Behauptungen *Wagners* trotzdem jahrelang als „erwiesen" hingenommen wurden und der Umschwung der Meinung sich nur sehr allmählich vollzieht, so erscheint eine Wiederholung der Versuche *Schlösings* durchaus nicht überflüssig. Über die Bedeutung der Ammonoxydation sind unsere gegenwärtigen Kenntnisse noch ziemlich beschränkt. In dieser Hinsicht schien mir vor allem eine Nachprüfung der Angaben *Kaserers* zweckmäßig

zu sein. Die weiter in Frage kommende Denitrifikationstheorie *Wagners* dürfte dagegen keiner neuen Bearbeitung bedürfen. Außer von *Wagner* selbst wird sie, soweit ich sehe, von keinem Vertreter der Wissenschaft mehr als zutreffend angenommen.

Was sodann die Hemmung des Nitrifikationsprozesses durch Ammonabsorption bez. -assimilation anlangt, so haben zwar *Pfeiffer* und *Einecke* gezeigt, daß die Zeolithzugabe die Ammonausnutzung durch die Versuchspflanzen wesentlich beeinträchtigen kann, doch schienen mir spezielle Versuche über die Nitrifizierbarkeit des absorbierten Ammoniaks von einigem Werte zu sein. In gleicher Richtung galt es auch, den von Mikroorganismen festgelegten Ammonstickstoff einer entsprechenden Prüfung zu unterziehen. Durch Beidüngung von Stroh auf einigen Ammoniakparzellen des Feldversuches sollte geprüft werden, ob sich wie in anderen Fällen so auch hier eine nachteilige Wirkung der auf diese Weise mitunter sehr beförderten Ammonassimilation bemerklich machen würde.

Schließlich erforderte die Abhängigkeit der Salpeterbildung von chemischen und physikalischen Bedingungen noch eine Anzahl von Umsetzungsversuchen, die hinsichtlich des Einflusses, den die Jahreszeit, die Temperatur und die Feuchtigkeit des Bodens auf den Verlauf der Nitrifikation auszuüben vermögen, weitere Einblicke bringen sollten. Außerdem war auch aus der Höhe der Erträge der zu verschiedenen Zeiten gedüngten Parzellen einige Aufklärung in dieser Hinsicht zu erwarten. Ebenso war durch entsprechende Düngungsversuche festzustellen, welche Wirkung eine Kalkbeidüngung auf dem Oberholzer Boden auszuüben imstande war.

A. Der Düngungsversuch auf dem Felde.

1. Art der Durchführung.

Das für meine Versuche benutzte Feld befindet sich (als Schlag II) auf dem auf der Großpösnaer Flur gelegenen Pachtland I des in Oberholz gelegenen Versuchsfeldes des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig. Dasselbe war in den letzten 4 Jahren mit folgenden Früchten bebaut und lieferte an Erträgen:

Jahr:	Frucht:	Ertrag pro ha.	Düngung:
1904	Kartoffeln	20600 kg	60000 kg. Stalldünger
1904/05	Winterweizen	3800 kg Stroh 1200 „ Spreu 3240 „ Körner	200 kg Chilesalpeter 200 „ Superphosphat
1905/06	Sandwicke im Gemenge m. Roggen, darauf Mais	25000 kg Mais 26000 „ Heu	25000 kg Stalldünger
1906/07	Winterweizen, statt dessen Sommerweizen	ausgewintert	200 kg Superphosphat im Herbst; im Frühjahr wechselnde Stickstoffdüngung (Versuch).

Der erfrorene Winterweizen wurde am 3. April flach (auf 15 cm) untergepflügt. Am 4. April wurden die je 25 qm großen Versuchsparzellen abgesteckt. Die Höhe der Stickstoffdüngung wurde auf 30 kg pro Hektar bemessen und zum Teil als schwefelsaures Ammoniak, zum Teil als Chilesalpeter gegeben. Einige der Ammoniakparzellen erhielten eine Beidüngung von kohlensaurem Natron (wasserfrei, entsprechend 168 kg Na_2O pro ha), von Kalk (600 kg pro ha) oder von Stroh (1200 kg pro ha). Kalk und Stroh wurden einige Tage vor der Stickstoffdüngung untergebracht.

Die Düngung erfolgte:

auf Parzelle 1—6 am 4. April,
„ „ 7—12 „ 11. „
„ „ 13—18 „ 18. „
auf Parzelle 19—24 am 25. April,
„ 25—30 in 2 Gaben am 18. April und am 5. Mai.

Gesäet wurde am 13. April, die Parzellen 13—30 erhielten demnach den Stickstoff als Kopfdüngung.

Die nebenstehende Skizze möge die Anordnung des Versuches veranschaulichen:

Stroh und Ammoniak 28	Salpeter 29	Ammoniak 30
Salpeter 25	Ammoniak 26	Stroh und Ammoniak 27
Ammoniak 22	Salpeter 23	Ungedüngt 24
Ungedüngt 19	Ammoniak 20	Salpeter 21
Natron und Ammoniak 16	Salpeter 17	Ammoniak 18
Salpeter 13	Ammoniak 14	Natron und Ammoniak 15
Ammoniak 10	Salpeter 11	Ungedüngt 12
Ungedüngt 7	Ammoniak 8	Salpeter 9
Kalk und Ammoniak 4	Salpeter 5	Ammoniak 6
Salpeter 1	Ammoniak 2	Kalk und Ammoniak 3

Maßstab: 1 : 1000.

Parzelle 7, 12, 19, 24 blieben ungedüngt, dagegen erhielten: Parzelle 1 und 5 am 4. April 502 g Chilesalpeter, Parzelle 2 und 6 = 364 g schwefelsaures Ammoniak und Parzelle 3 und 4 sowohl 364 g schwefelsaures Ammoniak als auch 1500 g Kalk.

Am 11. April Parzelle 8 und 10 je 364 g schwefelsaures Ammoniak, Parzelle 9 und 11 je 502 g Chilesalpeter.

Am 18. April Parzelle 13 und 17 je 502 g Chilesalpeter, Parzelle 14 und 18 je 364 g schwefelsaures Ammoniak, Parzelle 15 und 16 je 364 g schwefelsaures Ammoniak und 290 g kohlensaures Natron.

Parzelle 20 und 22 am 25. April 364 g schwefelsaures Ammoniak und Parzelle 21 und 23 am selben Tage 502 g Chilesalpeter.

Parzelle 25 und 29 je 251 g Chilesalpeter, Parzelle 26 und 30 je 182 g schwefelsaures Ammoniak, Parzelle 27 und 28 je 182 g schwefelsaures Ammoniak und 3 kg Stroh, sowohl am 18. April, wie am 5. Mai. Das Stroh wurde am 12. April in fein geschnittenem Zustande untergegraben.

Die prozentische Zusammensetzung der angewendeten Düngemittel war die folgende:

Superphosphat = 16,33 % P_2O_5
Chilesalpeter = 14,38 % N
Ammonsulfat = 20,62 % N.

Chilesalpeter und Ammonsulfat wurden mit Erde vermischt ausgestreut, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung derselben auf den einzelnen Parzellen zu erreichen.

Die Ernte des auf den Versuchsparzellen gebauten Sommerweizens konnte erst am 6. September stattfinden, da infolge der naßkalten Jahreswitterung die Reife sehr verzögert wurde.

Sofort nach dem Mähen wurden die Garbengewichte pro Parzelle festgestellt. Nach hinreichender Trocknung wurden die Erträge jeder Parzelle gesondert gedroschen und das für jede Parzelle sich ergebende Gewicht des Strohes, der Spreu und der Körner ermittelt. Von jeder Parzelle wurden die erforderlichen Durchschnittsproben genommen, die im Landwirtschaftlichen Institut weiterhin verarbeitet wurden. Die gewogenen Durchschnittsproben wurden im Trockenraum hinreichend ausgedörrt, um ein gleichmäßiges Vermahlen zu ermöglichen. Durch Wägung vor dem Mahlen wurde der Wasserverlust festgestellt. Weiterhin bestimmte ich den Gesamtstickstoffgehalt (nach *Kjeldahl*) in je 1 g der Körner, bezw. in je 2 g von Stroh und Spreu. Die Stickstoffbestimmungen wurden stets doppelt ausgeführt und auf Grund der gefundenen Werte unter Berücksichtigung des festgestellten Wasserverlustes der prozentische Stickstoffgehalt der geernteten Erträge festgestellt.

2. Boden und Witterung.

Hinsichtlich der Eigenschaften des zu den Versuchen benutzten Bodens glaube ich mich kurz fassen zu dürfen, da ausführliche Mitteilungen über dessen Beschaffenheit sowohl in geologischer wie in landwirtschaftlicher Hinsicht kürzlich von *Kirchner*[1]) ver-

[1]) *Kirchner*, Das Versuchsfeld d. landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig. 1903.

öffentlicht worden sind. Es sei hier nur erwähnt, daß der als „schwerer Lehm" bezeichnete Boden sehr reich an feinen Teilen ist und bei Trockenheit sehr zum Erhärten neigt. Der Gehalt an Pflanzennährstoffen ist nicht bedeutend; es wurden im Mittel einer größeren Zahl von Analysen folgende Werte gefunden[1]):

	insgesamt:	löslich in kalt. konz. Salzsäure (48 Stunden):
Kalk (CaO)	1,29 %	0,145 %
Kali	0,81 %	0,031 %
Phosphorsäure	0,74 %	0,045 %.

Der Durchschnittswert für Stickstoff ist 0,1 %, der Glühverlust beläuft sich auf zirka 3 %.

Besonders dankbar erweisen sich die angebauten Gewächse für eine Stickstoffdüngung, während dies in bezug auf Kali und Phosphorsäure weniger der Fall ist. Der ungünstige Einfluß des ziemlich niedrigen Kalkgehaltes ist durch eine auf 400 kg pro ha und Jahr bemessene regelmäßig seit längerer Zeit[2]) durchgeführte Kalkdüngung im wesentlichen gehoben, vor allem ist der bindige Charakter des Lehmbodens gemildert worden.

Die für die Beurteilung der Versuchsergebnisse wichtigen Witterungsverhältnisse werden in Oberholz täglich (8 Uhr morgens) aufgezeichnet. Die für die vorliegenden Untersuchungen in Betracht kommenden Werte wurden in der am Schluß der Arbeit bei-

---

[1]) l. c. p. 5.

[2]) Die Bewirtschaftung des Versuchsfeldes wurde im Jahre 1893 seitens des landwirtschaftlichen Universitätsinstituts übernommen.

gegebenen Tabelle I zusammengestellt, gleichzeitig zwecks größerer Übersichtlichkeit die Zahlen für die Monatsdrittel, sowie für die einzelnen Monate berechnet und mit den für Leipzig seitens der Universitätssternwarte festgestellten Normalwerten verglichen. Dieses Verfahren mußte deshalb angewendet werden, weil für Oberholz Durchschnittszahlen noch nicht vorhanden sind, die überdies infolge der geringen Entfernung der Versuchswirtschaft (13 km von Leipzig) von den Leipziger Normalwerten wohl kaum erheblich abweichen dürften. Die Witterung war vor allem im Monat März sehr kalt, sodaß die Bodenbearbeitung und Saat erst sehr spät erfolgen konnte. Reichliche Niederschläge verlängerten die Wachtumsperiode ganz bedeutend und ließen infolgedessen erst eine sehr späte Ernte zu.

3. Ergebnisse des Düngungsversuches.

Der Verlauf des Felddüngungsversuches erfuhr, wie erwähnt, durch die naßkalte Witterung eine beträchtliche Verzögerung; Störungen besonderer Art waren jedoch nicht zu verzeichnen. Die in Tabelle II zusammengestellten Erntezahlen stimmen infolgedessen, soweit es sich um Parallelparzellen handelt, befriedigend miteinander überein. Die durch die Stickstoffdüngung hervorgerufenen Mehrerträge sind nicht bedeutend, aber doch deutlich hervortretend. Dies geht klar aus folgender Berechnung hervor. Für das Hektar würden sich entsprechend den Parzellenerträgen folgende Werte (in dz) ergeben:

	Gesamterträge			Mehrertrag durch Stickstoffdüngung		
	Korn	Stroh	Spreu	Korn	Stroh	Spreu
Ohne Stickstoffdüngung	29,3	42,0	7,95	—	—	—
gedüngt mit Ammoniak am 4. IV.	34,1	48,2	8,50	+4,8	+6,2	+0,55
„ „ Chilesalpeter „ „	31,6	51,0	9,00	+3,3	+9,0	+1,05
„ „ Ammoniak u. Kalk am 4. IV.	34,9	52,8	8,50	+5,6	+10,8	+0,55
„ „ Ammoniak am 11. IV	33,5	48,6	8,90	+4,2	+6,6	+0,95
„ „ Chilesalpeter „ „	31,3	47,2	9,50	+2,0	+5,2	+1,55
„ „ Ammoniak am 18. IV	34,2	46,2	9,50	+4,9	+4,2	+1,55
„ „ Chilesalpeter „ „	32,6	47,5	8,80	+3,3	+5,5	+0,85
„ „ Ammoniak u. Natron am 18. IV.	34,2	50,9	10,20	+4,9	+8,9	+2,25
„ „ Ammoniak am 25. IV	33,2	46,9	10,20	+3,9	+4,9	+2,25
„ „ Chilesalpeter „ „	32,4	45,5	10,60	+3,1	+3,5	+2,65
„ „ Ammoniak am 18. IV. u. 9. V.	29,0	37,0	9,40	—0,3	—5,0	+1,45
„ „ Chilesalpeter„ „ „ „	32,8	45,6	11,20	+3,5	+3,0	+3,25
„ „ Ammoniak u. Stroh „ „	31,7	42,0	10,40	+2,4	±0,0	+2,45

Die Düngung ist demnach im allgemeinen nur unvollständig zur Wirkung gekommen. Immerhin sind jedoch die Ertragssteigerungen, sofern die Düngung nur rechtzeitig erfolgte, so beträchtliche, daß von einer befriedigenden Rentabilität gesprochen werden kann. Vergleicht man (unter Vereinigung der Stroh und Spreuzahlen) die durch am gleichen Tage ausgeführte Ammoniak- bezw. Salpeterdüngung bewirkten Mehrerträge (in dz pro ha), so ergibt sich folgendes Bild:

	Ammoniak		Salpeter	
	Korn	Stroh u. Spreu	Korn	Stroh u. Spreu
am 4. IV.	4,8	6,75	3,3	10,05
„ 11. IV.	4,2	7,55	2,0	6,75
„ 18. IV.	4,9	5,75	3,3	6,35
„ 25. IV.	3,9	7,15	3,1	6,15
„ 18. IV. und 9. V.	—0,3	—3,55	3,5	6,25

Die Erhöhung der Körnerträge war also bei der im April gegebenen Ammoniakdüngung stets bedeutender, als die durch eine gleichzeitige Salpeter-

düngung erzielte. Dagegen blieb die ziemlich spät in zwei Gaben ausgestreute Kopfdüngung mit Ammoniaksalz ohne Wirkung. Worauf die zwar nicht beträchtliche, aber doch immerhin deutliche Ertragsdepression in diesem Falle zurückzuführen ist, muß dahingestellt bleiben. Es ist möglich, daß geringe Differenzen in der Bodenbeschaffenheit mitgewirkt haben, möglich aber auch, daß die physiologisch-saure Beschaffenheit, die, wie erwähnt, auch bei anderer Gelegenheit auf dem Oberholzer Versuchsfeld nachteilig gewirkt zu haben scheint, verantwortlich zu machen ist.

Was den Erfolg einer Beidüngung von Kalk, Natron bezw. Stroh anlangt, so ergeben sich folgende Vergleichszahlen (Mehrertrag in dz pro ha):

ohne Beidüngung			mit Beidüngung	
Korn	Stroh u. Spreu		Korn	Stroh u. Spreu
4,8	6,75	Kalk	5,6	11,35
4,9	5,75	Natron	4,9	11,15
— 0,3	— 3,55	Stroh	2,4	2,45

Die Beidüngungen haben demnach durchweg günstig gewirkt, dies gilt insbesondere auch für die Strohdüngung. Ein nachteiliger Einfluß der Ammonassimilation war nicht zu konstatieren; allerdings muß man hierbei im Auge behalten, daß der Ertrag der Vergleichsparzellen sich abnorm gestaltete. Besonders vorteilhaft wirkte der Kalk, durch dessen Verwendung sowohl der Korn- wie der Strohertrag eine ansehnliche Erhöhung erfuhr. Die fördernde Wirkung der Natronbeigabe tritt am Strohertrag gleichfalls deutlich hervor. Die betreffenden Parzellen lieferten sogar wesentlich größere Ernten an Stroh und Spreu, als die mit Chilesalpeter gedüngten Teilstücke.

Was nun weiterhin die in den Ernten zurückgewonnenen und für uns besonders in Betracht kommenden Stickstoffmengen anlangt, so ergaben sich nach der Umrechnung der gefundenen Werte auf das Hektar folgende Zahlenreihen:

	Gesamtertrag kg N	Differenz infolge Stickstoffdüngung:
Ohne Stickstoffdüngung	72,25	—
gedüngt mit Ammoniak am 4. IV.	85,19	+ 12,94
„ „ Chilesalpeter am 4. IV.	86,86	+ 14,61
„ „ Ammoniak u. Kalk am 4. IV.	87,20	+ 15,05
„ „ Ammoniak am 11. IV.	85,64	+ 13,39
„ „ Chilesalpeter am 11. IV.	85,38	+ 13,13
„ „ Ammoniak am 18. IV.	85,36	+ 13,11
„ „ Chilesalpeter am 18. IV.	86,12	+ 13,87
„ „ Ammoniak u. Natron am 18. IV.	87,72	+ 15,47
„ „ Ammoniak am 25. IV.	86,74	+ 14,42
„ „ Chilesalpeter am 25. IV.	85,81	+ 13,56
„ „ Ammoniak am 18. IV. u. 9. V.	71,22	— 1,03
„ „ Chilesalpeter am 18. IV. u. 9. V.	82,82	+ 10,57
„ „ Ammoniak u. Stroh a. 18. IV. u. 9. V.	76,10	+ 3,85

Die Stickstoffzahlen entprechen durchaus den Erntezahlen. Aus ihnen geht besonders deutlich hervor, daß infolge der wenig günstigen Jahreswitterung der in der Düngung gegebene Stickstoff zwar nur unvollständig (im Höchstfalle zu reichlich 50%), aber doch durchaus gleichmäßig bei Salpeter- und Ammoniakdüngung zur Aufnahme gelangte, wenn man von der verspäteten Kopfdüngung absieht. Die vergleichbaren Werte für die Ammoniak- und Salpeterparzellen sind diese (Mehrerträge in kg pro ha):

	Ammoniak	Salpeter
am 4. IV.	12,94	14,61
„ 11. IV.	13,39	13,13
„ 18. IV.	13,11	13,87
„ 25. IV.	14,42	13,56
„ 18. IV. u. 9. V.	— 1,03	10,57

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Wie in den Erntezahlen, so tritt auch in den Stickstoffzahlen die fördernde Wirkung des Kalkes und des Natrons unverkennbar hervor:

ohne Beidüngung		mit Beidüngung
12,94	Kalk	15,05
13,11	Natron	15,47
— 1,03	Stroh	3,85

Über die Schlüsse, die aus den vorstehend mitgeteilten Zahlen in bezug auf das Thema der Arbeit gezogen werden können, wird im IV. Abschnitt zu sprechen sein. Vorher seien die im Laboratorium durchgeführten Versuche einer kurzen Besprechung unterzogen.

B. Die im Laboratorium ausgeführten Untersuchungen.

1. Untersuchungsmethoden.

Zu den meisten meiner Versuche benutzte ich ein Sand-Ton-Gemisch von wechselnder Zusammensetzung, zu dessen Bereitung ich mich eines etwas eisenhaltigen, feinkörnigen Flußsandes sowie feingesiebter Tonerde (Kaolin) bediente. Um die Wasserzufuhr, die ja bei derartigen Versuchen von großer Wichtigkeit ist, genau regulieren zu können, ermittelte ich zunächst die Wasserkapazität der verschiedenen Sand-Tongemische.

Folgende Gemische kamen in Anwendung:

1) 100 % Sand,
2) 90 % „ 10 % Ton,
3) 85 % „ 15 % „
4) 80 % „ 20 % „
5) 75 % „ 25 % „
6) 70 % „ 30 % „

Die Bestimmung der Wasserkapazität erfolgte mittels des von *Wahnschaffe* [1]) hierfür vorgeschlagenen Zinkzylinders [2]). Dieselbe betrug für:

Gemisch 1 = 14 %
„ 2 = 16 %
„ 3 = 18 %
„ 4 = 20 %
„ 5 = 21 %
„ 6 = 24 %

Zur Bestimmung des Ammoniak- und Salpeterstickstoffs verwendete ich die Sand-Tongemische zum Teil direkt, zum Teil wurden sie mit destilliertem Wasser solange ausgewaschen, bis *Neßlers* Reagenz resp. Diphenylaminschwefelsäure keine Reaktion auf Ammoniak resp. Salpeter mehr ergab.

Das Ammoniak wurde mittels Destillation mit Magnesia usta ermittelt, während zur Salpeterbestimmung der Rückstand mit Natronlauge, Zink- und Eisenstaub während 12 bis 24 Stunden der Reduktion unterworfen und danach das gebildete Ammoniak gleichfalls abdestilliert wurde. In die Vorlagen wurde $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure gegeben; zur Rücktitration diente, unter Benutzung von Congorot als Indikator, $^1/_{10}$ Normal-Ammoniak. Im einzelnen ist über die verschiedenen Versuchsreihen noch folgendes zu bemerken.

---

[1]) *König*, Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe IV. Aufl. 1906, p. 50.

[2]) Bei meinen Versuchen modifizierte ich die hier angegebene Vorschrift in der Weise, daß ich nicht 200, sondern nur 100 g Erde in die Zylinder einfüllte, da speziell beim Sand nie eine vollständige Durchfeuchtung zu erreichen war, wenn 200 g Material zur Verwendung kamen.

a) Die Ammoniakverdunstung.

Die verschiedenen Sand-Tongemische wurden zu je 100 g in 600 ccm Erlenmeyerkolben abgewogen und in diesen bei 160° im Trockenschranke sterilisiert. Nach dem Erkalten wurde ein wenig einer wässrigen Ammonsulfatlösung zugegeben, die vorher in strömenden Dampf sterilisiert wurde, und deren Menge so bemessen war, daß zirka 30 mg Ammoniakstickstoff in je 100 g des Sand-Tongemisches gelangte. Die Sättigung der Wasserkapazität belief sich in den verschiedenen Versuchsreihen auf 30 und 50%; der Gehalt an kohlensaurem Kalk, der den Gemischen vor der Sterilisation beigefügt wurde, schwankte zwischen Null und 6%. Die zum Versuche vorbereiteten Erlenmeyerkolben wurden mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Ein Glasrohr führte von hier aus nach einer Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure, ein anderes nach einer ebenfalls mit doppelt durchbohrtem Stopfen verschlossener Vorlage, in der sich 25 ccm $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure befand und die mit dem zweiten Rohr an eine Luftpumpe angeschlossen war. Die Verbindung zwischen dem Versuchskolben und der Waschflasche konnte durch einen an einem eingeschalteten Stück Gummischlauch angebrachten Quetschhahn unterbrochen werden. Täglich wurde eine Stunde lang ein kräftiger Luftstrom durch die Kolben geleitet und am Ende des Versuches das verdunstete nur in die Vorlage übergeführte Ammoniak durch Rücktitration ermittelt.

b) Die Ammonoxydation.

Da eine Nachprüfung der Angaben *Kaserers* beabsichtigt, aber von ihm über diesen Gegenstand bis-

her nur eine kurze vorläufige Mitteilung erschienen war, so wandte ich mich brieflich an ihn mit der Bitte um genaue Angaben. Herr Dr. *Kaserer* entsprach dem in entgegenkommendster Weise, und ich möchte nicht unterlassen, ihn auch an dieser Stelle meines Dankes zu versichern. Nach seinem Vorschlage verfuhr ich zwecks Gewinnung des Bacillus azotofluorescens Kaserer in folgender Weise: Erlenmeyerkolben von 300 ccm Inhalt wurden mit folgender Lösung beschickt:

50 ccm aq. dest. + 0,5 ‰ K_2HPO_4 + 0,2 ‰ $MgSO_4$ + 0,1 ‰ NaCl + 2,5 ‰ Natr. formiat,

und mit 0,1 g Erde (von Oberholz) geimpft.

Nachdem sich nach Verlauf von 3 bis 4 Tagen die Lösung mit Bakterien angereichert hatte, wurden unter Benutzung von Fleischgelatine Platten gegossen. Einige der entstehenden Fluorescenskolonien wurden abgeimpft und zu dem Oxydationsversuch benutzt.

Bei Durchführung dieses Versuchs verwendete ich nun nicht den von *Kaserer* [1]) benutzten Apparat (Erlenmeyerkolben mit aufgeschliffnem Natronkalkaufsatz), sondern vereinigte den Erlenmeyerkolben einerseits mit einem Natronkalkrohr, auf der anderen Seite mit einer Schwefelsäurevorlage, die nach außenhin während der Versuchsdauer durch einen Quetschhahn abgeschlossen war. Nach Abschluß des 14 Tage dauernden Versuches wurde sodann eine Zeit lang Luft durch den Apparat gesaugt, um möglichst alles etwa verdunstete Ammoniak in die Vorlage herüber zu bekommen. Diese Vorrichtung schien mir zweckmäßiger, als die von *Kaserer* angegebene, weil bei dieser

[1]) Briefliche Mitteilung.

keinerlei Sicherheitsmaßregeln gegen Ammoniakverluste durch Verdunstung vorhanden sind. In die Versuchskolben (600 ccm *Erlenmeyer*) wurde folgende Lösung (nach *Kaserer*) eingebracht.

50 ccm aq. dest. + 1 ‰ NH_4Cl + 0,5 ‰ K_2HPO_4 + 0,2 ‰ $MgSO_4$ + 0,5 ‰ $NaHCO_3$ + 0,01 ‰ Natr. formiat.

Die Lösung wurde sterilisiert, mit Bacillus azotofluorescens geimpft (nach Vorschrift), frisch gebrannte Magnesia im Überschuß zugegeben und danach die Apparate sofort verschlossen. Ich setzte im ganzen 5 Vergleichskolben an; 3 von ihnen wurden mit verschiedenen Stämmen von Bacillus azotofluorescens geimpft, ein Kolben mit einem typischen Bacillus fluorescens aus der bakteriologischen Sammlung des Instituts, während der fünfte Kolben steril blieb. Nach Ablauf des Versuches wurde die vorgelegte Schwefelsäure mit Natronlauge destilliert, während die im Versuchskolben befindliche Lösung mit Schwefelsäure angesäuert, eingedampft und auf ihren Stickstoffgehalt nach *Kjeldahl* untersucht wurde.

c) Die Festlegung des Ammoniakstickstoffs.

Zur Ermittelung der Zeolithwirkung benutzte ich wieder je 100 g der verschiedenen, sterilisierten Sand-Tongemische, die jedoch diesmal nicht in Erlenmeyerkolben, sondern in gewöhnlichen Arzneiflaschen von 200 g Inhalt eingefüllt wurden. Dazu kam eine bestimmte Menge einer Ammonsulfatlösung, welcher 5 % Formalin[1]) zugegeben wurde, um auch den in Mengen

[1]) Die geringe Menge Formalin beeinträchtigte, wie aus den weiterhin mitzuteilenden Resultaten hervorgeht, die Versuche nicht, während allerdings stärkere Formalinzusätze infolge Bildung von Hexamethylentetramin störend wirkten.

von Null bis 5 % den Erdgemischen beigefügten Zeolith (Kalium — Aluminiumsilikat) steril zu erhalten[1]). Die Wasserkapazität der Gemische wurde zu 40 bis 80 % (mit sterilem Wasser) gesättigt. Nachdem die Versuche 1 bis 24 Tage gestanden hatten, wurden sie in der oben angegebenen Weise ausgewaschen und durch Vergleich des ursprünglich hineingebrachten und des ausgewaschenen Ammoniaks das absorbierte Quantum ermitttelt.

Die Versuche betreffs Festlegung des Ammoniaks durch Mikroorganismen wurden in analoger Weise ausgeführt. Die in 600 ccm Erlenmeyerkolben befindlichen Sand-Tongemische wurden wie üblich sterilisiert, diesmal aber das Ammoniak in Form von organischen (bernsteinsauren, milchsauren und zitronensauren) Salzen zugeführt. Die verwendete Lösung hatte folgende Zusammensetzung:

10 % bernstein-milch-zitronensaurer Kalk, 1 % des entsprechenden Ammoniaksalzes, 0,5 % KH_2PO_4, 0,5 % NaCl, 0,1 % $MgSO_4$, 0,1 % $FeSO_4$.

Je 5 ccm dieser Lösung, deren Stickstoffgehalt durch Destillation vorher genau bestimmt wurde und die zur Sättigung von 70 % der Wasserkapazität erforderliche Wassermenge, mit der zwecks Zuführung der nötigen Mikroorganismen ein Aufguß von frischer Erde vermischt war, wurden den Kolben zugesetzt.

Nach Verlauf von 4 Wochen wurde der nicht festgelegte sowie der in Salpeter übergeführte Stickstoff wiederum ausgewaschen und im Filtrat der Ammoniak- und der Salpeterstickstoff ermittelt.

---

[1]) Der betreffende Zeolith wurde von der Firma Schuchardt-Görlitz bezogen.

Weiterhin prüfte ich in entsprechender Weise das Verhalten einiger natürlicher Erdsorten. Neben der Erde vom Versuchsfeld Oberholz kamen zur Verwendung: Drei Erdproben vom Rittergut Gamig bei Dohna, zwei vom Rittergut Lampertswalde bei Oschatz und zwei aus der Nähe von Burgdorf in Hannover[1]). Die verschiedenen Erdsorten wurden mit Hilfe des *Kühn*'schen Schlämmapparates untersucht und der Glühverlust ermittelt. Zu den eigentlichen Versuchen wurden die Erden teils frisch, teils nach voraufgegangener Sterilisation verwendet. Zunächst wurde der aus den Erden selbst auswaschbare Ammoniak- und Salpeterstickstoff ermittelt, und weiterhin festgestellt, wie sich die betreffenden Werte nach Zugabe einer bestimmten Ammoniakmenge nach Verlauf eines Tages bezw. nach 4 Wochen darstellten. Während man hoffen durfte, nach eintägiger Versuchsdauer hauptsächlich die Wirkung der absorbierenden Bodenbestandteile erkennen zu können, sollte die längere Versuchsdauer auch den Einfluß der Mikroorganismen hervortreten lassen. Die auf 200° erhitzten Erdproben waren dazu bestimmt, über die Bedeutung der nicht hitzebeständigen absorbierenden Bodenteile einige Anhaltspunkte zu gewähren. Nach Zugabe der Ammoniaksalzlösung wurden die Erden empirisch auf einen ihrer physikalischen Beschaffenheit entsprechenden, mittleren Feuchtigkeitsgrad (zirka 60% der Wasserkapazität) gebracht.

[1]) Es sei mir gestattet den Herren Amtmann Gneist-Gamig, Rittergutspächter Hirsch-Lampertswalde und Direktor Sailer in Burgdorf meinen Dank auszusprechen für die Förderung, die sie meiner Arbeit durch Übersendung der verschiedenen Erdproben zu teil werden ließen.

d) Die Nitrifikationsversuche nach *Schlösing*.

Auch hier wurden je 100 g der verschiedenen Sand-Tongemische mit einem Zusatz von 0,5 g Kreide in 600 ccm Erlenmeyerkolben sterilisiert, danach mit einer Ammonsulfatlösung von bekanntem Gehalt beschickt, mit je 5 ccm eines aus den unter e) beschriebenen Nitrifikationsversuchen gewonnenen Bodenaufgusses geimpft und schließlich die Wasserkapazität bis zu 60 % gesättigt. Die Versuche wurden nach 1 bis 4 Monaten abgeschlossen und zwar wurden in diesem Falle die Gemische direkt nach der oben angegebenen Methode der Destillation unterworfen.

Da, wie weiterhin nachzuweisen sein wird, die Salpeterbildung hierbei sehr langsam verlief, versuchte ich eine Förderung der Umsetzung dadurch zu erreichen, daß ich der Ammonsulfatlösung (mit Ausnahme des Kalksalzes) diejenigen mineralischen Bestandteile hinzufügte, die in den oben besprochenen Versuchen über die Festlegung des Ammoniaks durch Mikroorganismen zur Anwendung kamen. — Auch diese im übrigen ebenso wie die ersten angelegten Versuche wurden einen oder mehrere Monate fortgeführt. Zur Prüfung der Nitrifizierbarkeit des von dem zeolithhaltigen Sand-Tongemisch zurückgehaltenen Ammoniaks wurden die ausgewaschenen Proben einer Versuchsreihe (1 % Zeolith, dreitägige Versuchsdauer) zunächst getrocknet, danach mit 0,5 g Kreide vermischt, mit 5 ccm eines reichlich Salpeterbakterien enthaltenden Bodenaufgusses geimpft und nach hinreichender Durchfeuchtung (60 % der Wasserkapazität) 4 Wochen der Einwirkung der eingeimpften Organismen überlassen.

In analoger Weise wurde auch die Nitrifizierbarkeit des durch Mikroorganismen festgelegten Stickstoffs geprüft. Nur wurde hier das Gemisch nach der Trocknung und vor der Impfung zunächst auf 200° erhitzt, um die an der Ammonassimilation beteiligt gewesenen Pilze und Bakterien abzutöten.

e. Die Nitrifikationsversuche in Lösungen.

Bei der Durchführung dieser Versuche hielt ich mich im wesentlichen an die von *Löhnis*[1]) gegebenen Vorschriften:

Bodenextrakt + 1‰ Ammonsulfat + 0,5‰ K_2HPO_4 + Kreide, zu je 50 ccm in 300 ccm Erlenmeyerkolben, geimpft mit 5 g Erde.

Die Versuchsdauer belief sich auf 3, in einigen Fällen auch auf 6 Wochen. Die Bodenproben wurden stets an drei Stellen dem Felde (aus 10 cm Tiefe) entnommen. Durch Trocknen bei 100° C. wurde der Wassergehalt ermittelt.

2. Resultate der Laboratoriumsversuche.

a. Die Ammonverdunstung.

Wie ein Blick auf die in Tabelle III zusammengestellten Zahlenreihen erkennen läßt, zeigen die Ergebnisse der Parallelversuche im allgemeinen eine befriedigende Übereinstimmung. Ferner ergibt sich aber auch, daß der größere oder geringere Tongehalt der Gemische nur einen verhältnismäßig sehr unbedeutenden Einfluß ausgeübt hat. Da die ermittelten Werte im allgemeinen sehr gering sind, dürfte es genügen, nachstehend die in Prozenten berechneten Mittel-

[1]) *Löhnis*, Mitt. d. landw. Instituts Leipzig, Heft VII, p. 10 u. 11.

zahlen der verschiedenen Versuchsreihen zusammenzustellen. Von dem zugegebenen Ammoniak sind demnach innerhalb 8 Tagen verdunstet:

bei einem Kalkgehalt der Sand-Tongemische von:	wenn von der Wasserkapazität gesättigt waren:	verdunstet:
0 %	50 %	0,60 %
„	30 %	0,90 %
0,5 %	50 %	6,75 %
„	30 %	5,70 %
2,0 %	50 %	1,80 %
„	30 %	2,68 %
6,0 %	50 %	5,34 %
„	30 %	4,13 %

Die verdunsteten Ammoniakmengen müssen als sehr gering bezeichnet werden, vor allem, wenn man berücksichtigt, daß die verwendeten Erdgemische sterilisiert waren, also keine Überführung des Ammonakstickstoffs in eine nicht flüchtige Form durch Organismentätigkeit stattfinden konnte, und wenn man ferner im Auge behält, daß die sehr flache Erdschicht im Verein mit dem täglich wiederholten Durchsaugen eines kräftigen Luftstroms durch die Versuchsgefäße der Ammoniakverdunstung in besonderem Grade Vorschub leisten mußte. Trotz alledem sind die Verluste nur gering, sie entsprechen ungefähr den von *Sessous* unter ähnlichen Bedingungen erlangten.

b) Die Ammonoxydation (nach *Kaserer*).

Für die in der oben geschilderten Weise durchgeführten Versuche ergaben sich folgende Resultate:

		nach 14tägiger Versuchsdauer					
	zu Beginn.	steril.	Bac. azotofluorescens			Bacterium fluorescens.
			Stamm I	II	III	
Stickstoff in Versuchskolben mg	12,82	7,14	7,14	8,26	7,56	8,12
„ in der Schwefelsäure „	0,07	0,42	0,14	0,28	0,14	0,42
„ insgesamt mg	12,89	7,56	7,28	8,54	7,70	8,54

Es war also durchaus kein durchgreifender Unterschied im Verhalten der sterilen und geimpften Kolben zu konstatieren; für eine durch Bac. azotofluerescens bewirkte Ammonoxydation ergaben sich keinerlei Anhaltspunkte. Die Verbindung der Versuchskolben mit der Schwefelsäurevorlage hat sich nicht in dem Maße bewährt, wie erwartet wurde. Es haben sich ansehnliche Ammoniakmengen durch den Natronkalk hindurch einen Weg nach außen gesucht. Dieser Mangel hätte allerdings bei weiteren Versuchen leicht dadurch behoben werden können, daß ein (von Ammoniak befreiter) Luftstrom dauernd durch den Versuchskolben geleitet worden wäre. Nach dem gänzlich negativen Ergebnis der besprochenen Versuche schien es mir indessen vorläufig nicht geboten, die Frage weiter zu verfolgen. Es dürfte zweckmäßiger sein, zunächst die ausführliche Arbeit *Kaserers* abzuwarten, da nach den wenigen bisher bekannt gewordenen Mitteilungen des genannten Forschers die Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen erscheint, daß lediglich Verluste durch Ammoniakverdunstung, die durch den Magnesiazusatz sehr befördert werden und die in *Kaserers* Apparat gänzlich unkontrolliert bleiben, Veranlassung zur Täuschung gegeben haben.

c) Die Festlegung des Ammoniaks.

Wie aus den in Tabelle IV zusammengestellten Zahlen hervorgeht, hat der Zusatz des Zeolithes zu den verschiedenen Sand-Tongemischen eine sehr bedeutende Absorptionswirkung zur Folge gehabt. Dieser Effekt tritt bereits nach eintägiger Versuchsdauer sehr deutlich in Erscheinung, dagegen macht sich auch nach längerer Zeit eine nur geringe weitere Steige-

rung bemerklich. Die mehr oder minder großen Beimischungen von Ton haben bei Gegenwart des Zeoliths keinen bemerkbaren Einfluß ausgeübt, während dies allerdings in den zeolithfreien Gemischen unverkennbar der Fall gewesen ist. Hier stellen sich die Zahlen auf rund 7 bis 10 mg, d. h. zirka 30 % des zugegebenen Ammoniakstickstoffs wurden zurückgehalten. Daß auch der Sand deutlich absorbierend wirkte, dürfte vor allem auf seinen Eisengehalt zurückzuführen sein. Durch die Zeolithzugabe wurde der Betrag an absorbiertem Stickstoff um rund 10 mg erhöht, sodaß also in den zeolithhaltigen Sand-Tongemischen reichlich $^2/_3$ des zugegebenen Stickstoffs festgelegt wurde, eine Zahl, die mit den von *Pfeiffer* und *Einecke* unter analogen Verhältnissen konstatierten Befunden recht gut übereinstimmt. Die verschieden hohe Sättigung der Wasserkapazität blieb ohne Einfluß. Daß die absorbierten Stickstoffmengen in den mit 3 % Zeolith durchgeführten Versuchsreihen im allgemeinen etwas höher sind, als in den mit 1 oder 5 % angesetzten (22 bis 24 mg gegenüber 17 bis 22 mg), dürfte vornehmlich seinen Grund darin haben, daß zu jenen Versuchen von vornherein eine etwas größere Stickstoffmenge verwendet wurde, als zu diesen.

Über die Festlegung bezw. Assimilation des Ammoniakstickstoffs durch Mikroorganismen orientieren die in Tabelle V mitgeteilten Befunde. Aus den den Sand-Tongemischen beigefügten organischen Salzen sind in relativ kurzer Zeit beträchtliche Stickstoffmengen festgelegt worden. Am schärfsten tritt diese Erscheinung bei Verwendung von zitronensaurem Ammon hervor, aber auch bei den beiden

anderen Verbindungen ist sie noch recht deutlich wahrnehmbar. Insgesamt wurden im Mittel festgelegt

vom Ammonsuccinat	53,76 %
„ Ammonlaktat	66,66 %
„ Ammoncitrat	76,35 %.

Speziell im zuletzt genannten Falle war also die festgestgelegte Stickstoffmenge relativ ebenso groß wie in dem zeolithhaltigen Sand-Tongemisch. Bringt man von diesen Zahlen denjenigen Betrag (zirka 30 %) in Abzug, der nach den oben besprochenen Ermittelungen auf den durch die mineralischen Bestandteile des Gemenges bewirkte Ammonabsorption zu verrechnen ist, so ist demnach eine durchschnittlich etwa ebenso große Stickstoffmenge als durch Mikroorganismen assimiliert anzusehen. Recht beachtenswert ist übrigens auch die an dieser Stelle allerdings weniger in Betracht kommende Tatsache, daß trotz der Gegenwart relativ recht ansehnlicher Mengen organischer Substanzen doch nicht unbedeutende Mengen des Ammoniakstickstoffs nitrifiziert wurden, größere Mengen sogar als in den weiterhin zu besprechenden Nitrifikationsversuchen, die bei Abwesenheit organischer Substanzen durchgeführt wurden. Dieser Befund entspricht durchaus der bereits im II. Abschnitt kurz erörterten, insbesondere von *Löhnis* vertretenen Ansicht, daß die organischen Substanzen keineswegs so allgemein und in so durchgreifender Weise auf den Nitrifikationsprozeß hemmend einwirken, wie dies bisher auf Grund der Arbeiten *Winogradskys* angenommen wurde.

Die bei Verwendung des künstlichen Zeolithes und der organischen Ammonsalze erlangten Resultate können selbstverständlich nicht ohne weiteres Auf-

schlüsse über die entsprechenden Vorgänge in natürlicher Erde liefern. Jedenfalls sind aber in solcher Weise sehr wichtige Anhaltspunkte für ein richtiges Verständnis der im Acker sich abspielenden Vorgänge zu gewinnen und spezielle Untersuchungen gerade über diese noch wenig geklärten Fragen dürften sehr am Platze sein.

Um auch über das Verhalten natürlicher Erden wenigstens einen orientierenden Überblick zu gewinnen, brachte ich die in der Art ihrer Anlage oben besprochenen Versuchsreihen in Gang, deren Ergebnisse in Tabelle VI vereinigt sind, während sich in Tabelle VII die für die nähere Charakterisierung der Erden erforderlichen Daten finden. Auf Grund dieser Resultate ergibt sich nach Umrechnung der festgelegten Stickstoffmengen in Prozente der zugesetzten Stickstoffquantitäten folgende Übersicht:

	Glühverlust.	abschlämmbare Teile	an Stickstoff wurden festgelegt in 1 Tag: Erde nicht erhitzt.	in 1 Tag: Erde erhitzt	in 28 Tagen
Gamig I, schwerer humusarmer Lehm	6,2 %	49,4 %	72,05 %	43,13 %	73,21 %
Gamig III, milder Lehm	2,6 %	69,6 %	62,25 %	35,54 %	62,50 %
Oberholz, schwerer Lehm	3,0 %	51,1 %	61,76 %	34,55 %	52,50 %
Lampertswalde I, humoser Lehm	4,2 %	38,6 %	45,34 %	12,30 %	61,42 %
Gamig II, kiesig-sandiger Lehm	4,0 %	29,1 %	21,76 %	—	52,81 %
Lampertswalde II, humoser Sand	1,8 %	9,2 %	19,40 %	1,47 %	34,60 %
Burgdorf I, Heidesand	2,2 %	7,3 %	1,71 %	0,98 %	24,64 %
„ II, anmooriger Sand	8,8 %	35,5 %	17,43 %	8,47 %	17,14 %

Mit größter Klarheit ergeben sich durchgreifende Unterschiede zwischen den schwereren und den leichteren Böden. In den ersten vier Böden tritt sowohl die

Wirkung der vorhandenen Zeolithe wie diejenige des Tones deutlich hervor. Durch das Erhitzen sind die wasserhaltigen Silikate zum größten Teil zerstört, die Stärke der Absorption sinkt bis etwa auf denjenigen Betrag, der sich für das zeolithfreie Sand-Tongemisch ergab (zirka 30%), während in der nicht erhitzten Erde, namentlich in dem schweren humusarmen Lehme von Gamig (I), dessen hoher Glühverlust auf besonderen Reichtum an Zeolithen hinweist, die absorbierten Stickstoffquantitäten mit denjenigen ungefähr übereinstimmen, die sich bei der Verwendung des künstlichen Zeolithes ergaben. Während bei den drei zuerst aufgeführten schweren Böden ohne Ausnahme die in den 4 Wochen lang aufbewahrten Versuchsgefäßen festgelegte Stickstoffmenge in keinem Falle höher war, vielmehr namentlich in den beiden ersten Böden auf das genaueste mit der nach 1-tägiger Versuchsdauer ermittelten Zahl übereinstimmte, ergaben sich durchaus abweichende Verhältnisse, soweit die leichteren relativ humusarmen Böden in Betracht kommen. Die geringe absorbierende Kraft, welche in diesen Erden den mineralischen Bodenbestandteilen zukommt, und die durch das Erhitzen sogut wie vollständig eliminiert werden kann, wird hier sehr beträchtlich erhöht durch die Tätigkeit der ammonassimilierenden Bodenorganismen. Wie die Intensität der Zeolithwirkung in den tonreichen Böden sehr gut übereinstimmte mit derjenigen, welche der künstliche Zeolith in den oben besprochenen Versuchen äußerte, so bewegen sich die Zahlen für die in den sandreicheren Erden durch Organismentätigkeit festgelegten Stickstoffmengen gleichfalls fast genau auf der Höhe (20—30%), die sich in den mit organischen Ammonsalzen versetzten

Sand-Tongemischen ergaben. Eine Ausnahmestellung nimmt der humusreiche ammoorige Sand ein, hier macht sich wie in den zeolith- und tonreichen Böden keine Ammonassimilation bemerklich, die geringe vornehmlich wohl dem Humus zuzuschreibende Ammonfestlegung ist nach einem Tag genau ebenso hoch wie nach 4 Wochen.

d) Die Nitrifikationsversuche nach *Schlösing*.

Wie aus dem sogleich unter e) zu beschreibenden Umsetzungsversuchen in Ammonsulfat-Bodenextrakt hervorgeht, zeigten die Salpeterbakterien in den von mir untersuchten Fällen eine verhältnismäßig recht geringe Wirksamkeit. Damit mag es im Zusammenhang stehen, daß auch in den nach *Schlösings* Angaben eingerichteten Versuchen trotz zum Teil sehr lange (bis zu 4 Monaten) ausgedehnter Versuchsdauer keine vollständige Überführung des Ammoniakstickstoffs in Salpeterstickstoff erreicht werden konnte. Wie sich aus den in Tabelle VIII mitgeteilten Zahlenreihen ergibt, waren nach einem Monat nur sehr geringe Ammoniakmengen nitrifiziert, aber auch nach drei und vier Monaten hatte sich immer noch die Hälfte des Ammoniaks der Umsetzung entzogen. Ich prüfte, wie erwähnt, weiterhin auch den Einfluß, den ein Zusatz verschiedener mineralischer Salze auszuüben imstande war. Bei der kürzeren Versuchsdauer (1 Monat) war zwar eine geringe Förderung wahrzunehmen, die aber weiterhin nicht mehr deutlich hervortrat. Diese äußerst langsame Nitrifikation bei Abwesenheit organischer Verbindungen ist umso auffallender, als bei Anwesenheit derartiger Substanzen, wie oben dargelegt wurde, bereits nach einem Monat recht ansehn-

liche Salpetermengen nachgewiesen werden konnten. Vollen Erfolg scheint man demnach bei derartigen Versuchen nur dann erwarten zu dürfen, wenn man kräftig arbeitende, fast oder völlig reine Kulturen von Salpeterbakterien benutzt. Auch über die am besten den Sand-Tongemischen beizufügenden Salzlösungen müßten spezielle Untersuchungen nähere Aufklärung bringen. Jedenfalls aber geht in Übereinstimmung mit *Schlösings* Angaben auch aus meinen Befunden deutlich hervor, daß der Salpeterbildungsprozeß ohne Stickstoffverluste verläuft.

Die Ergebnisse der in analoger Weise mit dem zeolithhaltigen Sand-Tongemisch bezw. mit dem hierin absorbierten Ammoniak ausgeführten Nitrifikationsversuche finden sich in Tabelle IX. Danach hat innerhalb 4 Wochen keinerlei Nitrifikation stattgefunden und nur geringe Ammoniakmengen sind löslich geworden. Dieser Befund steht durchaus in Einklang mit der von *Pfeiffer* und *Einecke* beobachteten Tatsache, daß die Zeolithzugabe die Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen ganz bedeutend beeinträchtigte; diese Erscheinung hat eben ihren Grund in der ungemein widerstandsfähigen Bindung, in der das Ammoniak durch den verwendeten künstlichen Zeolith festgehalten wird. Wie sich die Zeolithe des natürlichen Bodens in dieser Hinsicht verhalten, bleibt allerdings noch im einzelnen zu untersuchen. Aber die für die untersuchten natürlichen Erden gewonnenen Daten geben doch schon einige wertvolle Anhaltspunkte. In fast allen Fällen — nur die Oberholzer Erde macht eine Ausnahme — war nach vierwöchiger Versuchsdauer die nicht auswaschbare Stickstoffmenge ebenso groß oder größer, als nach Verlauf eines Tages. Diese

Beobachtung spricht in der Tat sehr dafür, daß auch das durch die natürlichen Bodenbestandteile absorbierte Ammoniak nur relativ langsam der Nitrifikation unterliegt und damit stimmen ja auch die Ergebnisse der mit natürlicher Erde von *Wagner* u. a. ausgeführten Nitrifikationsversuche überein, in denen selbst bei sehr langer Ausdehnung der Versuche doch ein größerer oder geringerer Teil des Ammoniakstickstoffs nicht in Salpeter übergeführt wurde.

Was nun weiterhin die Nitrifizierbarkeit des durch Mikroorganismen festgelegten Stickstoffs anlangt, so läßt ein Blick auf die Tabelle X sofort klar erkennen, daß hier immerhin (in Anbetracht der relativ kurzen Versuchsdauer) eine ansehnliche Salpeterbildung Platz gegriffen hat. Bringt man von den gefundenen Salpetermengen auch noch diejenigen Quantitäten in Abzug, die eventuell aus dem Ammoniak des Bodenaufgusses gebildet worden sein können, so beläuft sich doch die aus der organischen Masse produzierte Menge an Salpeterstickstoff

wenn ursprünglich verwendet war	auf
bernsteinsaures Ammon	1,12—2,17 mg
milchsaures „	1,05—1,89 „
zitronensaures „	0,91—2,24 „

daß aber in der Tat diese nicht unbedeutenden Salpetermengen aus dem Stickstoff der abgetöteten Organismen nicht etwa aus Ammoniakresten gebildet waren, die sich in absorbiertem Zustande in dem Sand-Tongemisch befanden, darf wohl im Hinblick auf die gänzlich negativen Ergebnisse der unmittelbar vorher besprochenen Versuchsreihe als erwiesen angenommen werden.

e) Die Nitrifikationsversuche in Lösungen.

Wie bereits erwähnt wurde, war die Intensität der Salpeterbildung in der Erde des von mir benutzten Versuchsfeldes auffallend gering. Dies tritt namentlich dann deutlich hervor, wenn man die zwischen 2,49 und 4,88 mg (pro 50 ccm) schwankenden Salpeterstickstoffzahlen vergleicht mit denjenigen Werten, die *Löhnis*[1]) im Jahre 1904 unter Verwendung eines anderen Teilstückes des Oberholzer Versuchsfeldes erhielt. Dort ergaben sich für die gleiche Menge derselben Lösung bei der kürzeren Versuchsdauer 5,34 bis 7,83 mg, bei der längeren sogar 8,61 bis 9,94 mg. Allerdings war damals die kürzere Versuchsdauer auf 4, diesmal dagegen nur auf 3 Wochen bemessen. Daß aber hierin nicht allein der Grund für die bedeutende Abweichung zu erblicken ist, geht daraus deutlich hervor, daß ich bei längerer Versuchsdauer (6 Wochen) ebenfalls nur wenig höhere Werte (5,65 bis 6,14 mg) erhielt. Auch in der naßkalten Jahreswitterung vermag ich nicht einen ausschlaggebenden Grund zu erblicken. Denn vergleicht man die zu verschiedener Zeit umgesetzten Stickstoffquantitäten mit der jeweils beobachteten Temperatur und Feuchtigkeit des Bodens, so vermag man keinerlei Zusammenhang zwischen diesen Zahlen zu erkennen, wie folgende Übersicht (in der die zuerst ermittelte Zahl = 100 gesetzt wurde) deulich lehrt:

Tag der Probenahme:	22.III.	12.IV.	3.V.	24.V.	14.VI.	5.VII.	26.VII.	16.VIII.
Erdtemperatur in 10 cm Tiefe °C:	2,8	4,2	6,2	15,0	13,8	15,0	14,0	15,6
Wassergeh. d. Erde, Gew.-Proz.:	16,2	13,7	13,1	12,8	13,4	16,9	18,9	12,7
Menge an Salpeterstickstoff:	100	102,3	139,8	96,0	97,7	118	106,3	71,4

[1]) *Löhnis*, l. c. p. 45 ff.

Aber auch der bei anderen Umsetzungen aufs schärfste hervortretende Einfluß der Jahreszeit macht sich im vorliegenden Falle kaum bemerklich. Der bedeutende Abfall, den *Löhnis* für die Intensitätskurve der Salpeterbildung in dem abnorm trockenen Sommer zu verzeichnen hatte, fehlt in diesem an Niederschlägen sehr reichen Jahre. Im übrigen dürfte es zweckmäßig sein, aus den an sich, wie gesagt, sehr niedrigen Zahlen keine allzu weitgehenden Schlüsse zu ziehen.

IV. Folgerungen auf Grund des gewonnenen Beobachtungsmaterials.

Überblickt man die im voraufgehenden Abschnitte mitgeteilten und besprochenen Ergebnisse, so ergibt sich in den meisten Fällen mit unverkennbarer Deutlichkeit, daß die aus diesen Beobachtungen zu ziehenden Folgerungen im allgemeinen von neuem jene Darlegungen bestätigen, die bei der Prüfung der bisher vorliegenden Tatsachen und Hypothesen im II. Abschnitte gegeben wurden.

Die physiologisch-saure Beschaffenheit des Ammonsulfats machte sich im allgemeinen nicht nachteilig bemerklich, doch schien die ungünstige Wirkung der am spätesten ausgeführten Kopfdüngung vornehmlich auf diese auch sonst schon gerade auf dem Oberholzer Boden beobachtete Einwirkung zurückzuführen zu sein.

Eine Beigabe von Natron zum schwefelsauren Ammoniak übte wie in andern Fällen so auch hier einen deutlich fördernden Einfluß aus. Es wurde bereits betont, und es dürfte nicht überflüssig sein, dies zu wiederholen, daß nur diejenigen Düngungsversuche wirklich als vergleichbar angesehen werden dürfen, in denen die mit Ammonsulfat gedüngten Parzellen eine Natronbeidüngung erhalten, die in ihrer Höhe dem Gehalte der vergleichsweise verwendeten Chilesalpeterdüngung entspricht.

Daß sowohl die Zeolithe wie auch die Mikroorganismen im Boden sehr ansehnliche Beträge des Ammoniakstickstoffs festzulegen imstande sind, wurde erwiesen. Es wäre wünschenswert, daß gerade diese Tatsachen gebührend beachtet und eingehend untersucht würden, denn für die Wirkung der stickstoffhaltigen Düngemittel sind sie entschieden von sehr großer Bedeutung. Die Förderung der Ammonassimilation durch eine Beidüngung von Stroh konnte zwar nicht bestätigt werden, doch dürfen aus dieser Beobachtung keinerlei Folgerungen gezogen werden, weil aus dem oben angegebenen Grunde das verspätet gegebene Ammoniak an sich schon nicht mehr zur Wirkung kam.

Die Schnelligkeit der düngenden Wirkung war bei Ammonsulfat und Chilesalpeter fast die gleiche. Die im April ausgestreuten Gaben des Ammonniaks wirkten sogar besser als die des Salpeters, denn von diesem sind infolge der naßkalten Jahreswitterung zweifellos beträchtliche Mengen durch Versickerung verloren gegangen. Die späteste, zur Hälfte erst im Mai ausgeführte Kopfdüngung kam beim Ammoniak gar nicht, beim Chilesalpeter nur im geringen Grade zur Wirkung. Die allgemein als günstig erkannte frühzeitige Anwendung des schwefelsauren Ammoniaks muß als durchaus zweckentsprechend anerkannt werden.

Die von *Wagner* als sehr gefährlich hingestellte Ammoniakverdunstung ist im allgemeinen nicht zu fürchten und es ist insbesondere in ihr nicht der Grund zu erblicken für die mitunter beobachtete Minderwirkung des schwefelsauren Ammoniaks. Selbst dann, wenn man im Laboratorium die Bedingungen für eine Ammoniakverdunstung möglichst günstig wählt,

sind die auf solche Weise zustande kommenden Stickstoffverluste verhältnismäßig nur gering. In der Natur sind die Voraussetzungen für das Zustandekommen einer einigermaßen ansehnlichen Ammoniakverdunstung nur in seltenen Fällen gegeben. Dagegen kann recht häufig die Ammonassimilation eine bedeutungsvolle Rolle spielen.

Eine Entbindung von elementarem Stickstoff beim Nitrifikationsprozeß findet nicht statt. Die gegenteilige Behauptung *Wagners* ist unbegründet. Scheinbare Verluste müssen vornehmlich auf Ammonfestlegung zurückgeführt werden.

Eine direkte Oxydation des Ammoniaks unter Entbindung freien Stickstoffs konnte nicht nachgewiesen werden. Diese Frage bedarf weiterer spezieller Bearbeitung.

Das durch (künstlichen) Zeolith absorbierte Ammoniak setzte der Nitrifikation sehr bedeutenden Widerstand entgegen. Auch manche natürliche Zeolithe scheinen in ähnlicher Weise zu wirken, doch dürften beträchtliche Verschiedenheiten zu erwarten sein. Leichter nitrifizierbar erwies sich der durch ammonassimilierende Organismen festgelegte Stickstoff. Doch handelt es sich auch hier zunächst nur um eine teilweise Nitrifikation, und es ist bekannt, daß manche an diesem Prozeß beteiligten Pilze sehr resistenter Beschaffenheit sind.

In Übereinstimmung mit der allgemeinen, nur von *Wagner* neuerdings durch seine Ammoniakverdunstungstheorie etwas erschütterten Erfahrung hat sich auch bei den von mir ausgeführten Düngungsversuchen eine Kalkung der Ammoniakparzellen als sehr nützlich erwiesen. Soweit es sich um relativ kalkarme Böden

handelt, muß auch die Berücksichtigung dieses Momentes bei vergleichenden Düngungsversuchen entschieden gefordert werden.

Die Abhängigkeit der Salpeterbildung von den Einflüssen des Jahreszeit, der Temperatur und der Feuchtigkeit des Bodens war nur in beschränktem Umfange wahrzunehmen. Daß eine allzuspäte Kopfdüngung mit Ammoniak nicht mehr zur Ausnutzung gelangte, wurde erwähnt. Infolge der starken Niederschläge und der dadurch hervorgerufenen dauernd ziemlich hohen Feuchtigkeit des Bodens gingen offenbar beträchtliche Mengen an Salpeterstickstoff verloren. Infolgedessen kam das schwer bewegliche Ammoniak trotz auffallend geringer Nitrifikationskraft des betreffenden Bodens zu relativ günstiger Wirkung.

V. Schluß.

Das „normale" Wertverhältnis zwischen Ammoniak- und Salpeterstickstoff ist nicht, wie *Wagner* meint, 9 : 10, sondern (aus physiologischen Gründen) 1 : 1, denn die Nitrifikation verläuft restlos, sie ist entgegen *Wagners* Behauptung nicht mit Stickstoffverlusten verbunden. Für die Wirkung auf dem Felde gibt es keine Norm, hier machen sich zahlreiche Einflüsse geltend, die entweder für das Ammoniak oder für den Salpeter günstig sind; in dieser Weise sind die differenten Befunde zu erklären. Eine Durchschnittszahl aus Resultaten zu ziehen, die unter verschiedenen Bedingungen gewonnen sind, ist durchaus unzulässig.. Bei der Verwendung der beiden Düngemittel und bei der Bemessung des für sie zu zahlenden Preises ist in Rechnung zu ziehen, daß das schwefelsaure Ammoniak zunächst durch Bakterien des Bodens in Salpeter übergeführt werden muß, und daß sehr leicht ein größerer oder geringerer Teil des Stickstoffs dieser Umwandlung entzogen und durch die Tätigkeit ammonassimilierender Organismen in organischer Form für kürzere oder längere Zeit festgelegt werden kann. Hierin liegt eine Unsicherheit, die wohl berücksichtigt werden muß. In gewissen Fällen, und namentlich dann, wenn sich eine späte Kopfdüngung nötig macht, ist demnach der Salpeter entschieden vorzuziehen. Andrerseits sind bei dieser leichtbeweglichen Stickstoffform be-

sonders leicht Verluste durch Versickerung in den Untergrund möglich, während die von *Wagner* als sehr erheblich ins Gewicht fallend hingestellte Ammoniakverdunstung nur in seltenen Ausnahmefällen von einiger Bedeutung sein mag; im allgemeinen ist sie durchaus nicht von Wichtigkeit. Über die geeignetste Form der Stickstoffdüngung ist somit von Fall zu Fall, unter sorgfältiger Berücksichtigung der maßgebenden Umstände die Entscheidung zu treffen.

Vorliegende Arbeit wurde im Bakteriologischen Laboratorium des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. *Kirchner* sowie Herrn Privatdozent Dr. *Löhnis* für die Überweisung dieser Arbeit sowie für das jederzeit erwiesene Wohlwollen meinen verbindlichsten Dank aussprechen zu können.

Tabellen.

I. Witterung

vom März bis August 1907.

Monat	Tag	Temperatur: Mittlere Tagestemp.	Temperatur: Bodentemp. in 10 cm Tiefe	Tage mit Nachtfrost	Niederschläge: in mm	Niederschläge: Tage mit Niederschlag	Sonnenschein: Dauer: Stunden	Sonnenschein: Dauer: Minuten	Sonnenschein: Tage	% Bewölkung
März	1.—10.	0,7	0,0	10	2,0	2	23	5	5	
	11.—20.	1,6	1,6	8	10,7	8	21	18	8	
	21.—31.	4,5	2,8	8	5,3	1	36	15	8	
	1.—31.	2,3	1,4	26	18,0	11	80	38	21	67
	Gg. Norm.	— 0,8	—	—	—21,0	—	—	—	—	+ 1
April	1.—10.	6,5	5,1	2	0,4	1	49	42	8	
	11.—20.	4,6	4,3	6	5,5	3	29	50	5	
	21.—30.	5,8	5,3	6	16,6	5	41	51	10	
	1.—30.	5,6	4,9	14	22,5	9	121	23	23	40
	Gg. Norm.	— 1,9	—	—	—21,5	—	—	—	—	—2,3
Mai	1.—10.	11,9	9,7	—	7,8	2	66	29	10	
	11.—20.	13,4	12,9	—	20,2	5	65	41	7	
	21.—31.	12,7	11,8	—	9,3	3	95	29	11	
	1.—31.	12,7	11,5	—	37,3	10	227	39	28	39
	Gg. Norm.	+ 0,9	—	—	—14,7	—	—	—	—	—2,0
Juni	1.—10.	13,4	12,4	—	32,0	5	54	3	10	
	11.—20.	15,5	14,4	—	29,2	4	62	54	9	
	21.—30.	16,0	14,8	—	13,6	3	60	54	10	
	1.—30.	14,9	13,9	—	74,8	12	177	51	29	50
	Gg. Norm.	± 0,0	—	—	+ 5,8	—	—	—	—	— 10
Juli	1.—10.	15,0	14,5	—	63,5	4	54	22	10	
	11.—20.	13,5	13,0	—	77,6	4	24	4	9	
	21.—31.	14,8	14,5	—	41,4	6	69	45	11	
	1.—31.	14,4	14,0	—	182,5	14	148	11	30	60
	Gg. Norm.	— 2,8	—	—	+104,5	—	—	—	—	+ 1
August	1.—10.	17,3	15,2	—	—	—	56	30	9	
	11.—20.	17,5	16,5	—	19,2	3	69	9	10	
	21.—31.	14,1	13,7	—	22,0	3	44	12	11	
	1.—31.	16,3	15,1	—	41,2	6	169	51	30	45
	Gg. Norm.	± 0,0	—	—	—25,8	—	—	—	—	— 13

II. Ernte-Ergebnisse.

Düngung	Parz. Nr.	Ernte: Material	Ernte: kg pro Parzelle	Ernte: Dz. pro ha	Probe nach d. Dreschen in g	Probe nach d. Trocknen in g	N-Gehalt in %: Parallele	N-Gehalt in %: Gefund.	N-Gehalt in %: Mittel	N-Gehalt in %: berechn. in der Ernte	kg—N in der Ernte	N = Gesamternte pro ha
Ohne Stickstoff	7	Körner	7,50	30,0	705	604	a	1,820	1,785	1,5290	0,1147	
							b	1,750				
		Stroh	10,55	42,2	169	149	a	0,490	0,487	0,4294	0,0453	69,24
							b	0,483				
		Spreu	1,90	7,6	95	84	a	0,798	0,781	0,6906	0,0131	
							b	0,763				
	12	Körner	7,50	30,0	575	497	a	1,862	1,911	1,652	0,1239	
							b	1,960				
		Stroh	9,90	39,6	164	146	a	0,525	0,546	0,490	0,0485	74,76
							b	0,567				
		Spreu	2,00	8,0	89	80	a	0,798	0,805	0,723	0,0145	
							b	0,812				
	19	Körner	7,70	30,8	467	399	a	1,820	1,848	1,579	0,1216	
							b	1,876				
		Stroh	11,00	44,0	146	129	a	0,455	0,497	0,439	0,0483	74,04
							b	0,539				
		Spreu	1,95	7,8	103	93	a	0,868	0,865	0,781	0,0152	
							b	0,861				
	24	Körner	6,60	26,4	588	502	a	1,876	1,876	1,602	0,1057	
							b	1,876				
		Stroh	10,55	42,2	151	135	a	0,567	0,560	0,5007	0,0528	68,96
							b	0,553				
		Spreu	2,10	8,4	101	87	a	0,735	0,770	0,6633	0,0139	
							b	0,805				
Ammoniak 4. IV.	2	Körner	8,10	32,4	563	478	a	1,988	1,988	1,634	0,1324	
							b	1,988				
		Stroh	11,50	46,0	158	138	a	0,581	0,581	0,5074	0,0584	80,24
							b	0,581				
		Spreu	2,00	8,0	101	89	a	0,567	0,563	0,4960	0,0099	
							b	0,560				
	6	Körner	8,95	35,8	514	444	a	1,932	1,904	1,645	0,1472	
							b	1,876				
		Stroh	12,60	50,4	163	142	a	0,588	0,602	0,524	0,0660	90,14
							b	0,616				
		Spreu	2,25	9,0	71	62	a	0,602	0,616	0,538	0,0121	
							b	0,630				

Ernte-Ergebnisse (Fortsetzung).

Düngung	Parz. Nr.	Ernte: Material	Ernte: kg pro Parzelle	Ernte: Dz. pro ha	Probe nach d. Dreschen in g	Probe nach d. Trockn. in g	Parallele	N-Gehalt in %: Gefund.	N-Gehalt in %: Mittel	N-Gehalt in %: berechn. in der Erntem.	kg—N in der Ernte	N — Gesamternte pro ha
Salpeter 4. IV.	1	Körner	8,20	32,8	347	301	a	1,848	1,855	1,609	0,1319	83,57
							b	1,862				
		Stroh	12,50	50,0	163	144	a	0,560	0,595	0,526	0,0647	
							b	0,630				
		Spreu	2,35	9,4	99	88	a	0,602	0,598	0,521	0,0122	
							b	0,595				
	5	Körner	7,60	30,4	618	539	a	2,002	2,065	1,801	0,1369	90,14
							b	2,128				
		Stroh	13,00	52,0	148	130	a	0,630	0,623	0,547	0,0711	
							b	0,616				
		Spreu	2,15	8,6	85	76	a	0,917	0,903	0,807	0,0173	
							b	0,889				
Ammoniak und Kalk 4. IV.	3	Körner	8,45	33,8	479	410	a	1,848	1,855	1,588	0,1342	84,66
							b	1,834				
		Stroh	12,70	50,8	140	124	a	0,574	0,595	0,527	0,0669	
							b	0,616				
		Spreu	2,05	8,2	87	78	a	0,574	0,574	0,514	0,0105	
							b	0,574				
	4	Körner	9,00	36,0	484	410	a	1,918	1,939	1,643	0,1478	89,74
							b	1,960				
		Stroh	13,70	54,8	167	147	a	0,616	0,609	0,536	0,0634	
							b	0,602				
		Spreu	2,20	8,8	74	65	a	0,672	0,676	0,593	0,0131	
							b	0,679				
Ammoniak 11. IV.	8	Körner	8,60	34,4	526	452	a	1,946	1,953	1,678	0,1443	91,08
							b	1,960				
		Stroh	12,50	50,0	151	135	a	0,616	0,637	0,569	0,0711	
							b	0,658				
		Spreu	2,10	8,4	104	94	a	0,651	0,648	0,585	0,0123	
							b	0,644				
	10	Körner	8,15	32,6	667	566	a	1,918	1,897	1,609	0,1311	80,20
							b	1,876				
		Stroh	11,80	47,2	165	143	a	0,553	0,550	0,480	0,0566	
							b	0,546				
		Spreu	2,35	9,4	99	87	a	0,616	0,613	0,539	0,0128	
							b	0,609				

Ernte-Ergebnisse (Fortsetzung).

Düngung	Parz. Nr.	Ernte: Material	Ernte: kg pro Parzelle	Ernte: Dz. pro ha	Probe nach d. Dreschen in g	Probe nach d. Trockn. in g	Parallele	N-Gehalt in %: Gefund.	N-Gehalt in %: Mittel	N-Gehalt in %: berechn. in der Erntem.	kg—N in der Ernte	N = Gesamternte pro ha
		Körner	7,50	30,2	592	506	a	1,974	2,023	1,730	0,1297	
							b	2,072				
	11	Stroh	12,00	48,0	173	152	a	0,616	0,616	0,541	0,0649	84,04
							b	0,616				
		Spreu	2,20	8,8	96	86	a	0,784	0,788	0,706	0,0155	
Salpeter							b	0,791				
11. IV.		Körner	8,15	32,6	536	466	a	1,904	1,911	1,661	0,1354	
							b	1,918				
	9	Stroh	11,60	46,4	166	144	a	0,616	0,609	0,527	0,0611	86,72
							b	0,602				
		Spreu	2,55	10,2	77	68	a	0,896	0,903	0,796	0,0203	
							b	0,910				
		Körner	8,70	34,8	611	517	a	1,890	1,883	1,593	0,1386	
							b	1,876				
	14	Stroh	11,65	46,6	156	140	a	0,523	0,536	0,481	0,0560	82,44
							b	0,539				
		Spreu	2,05	8,2	111	98	a	0,602	0,637	0,562	0,0115	
Ammo-							b	0,672				
niak		Körner	8,40	33,6	620	538	a	1,904	1,939	1,682	0,1413	
18. IV.							b	1,974				
	18	Stroh	11,45	45,8	179	157	a	0,623	0,606	0,531	0,0609	88,28
							b	0,588				
		Spreu	2,70	10,8	100	88	a	0,777	0,780	0,686	0,0185	
							b	0,784				
		Körner	8,20	32,8	520	445	a	1,848	1,862	1,593	0,1306	
							b	1,876				
	13	Stroh	12,05	48,2	155	135	a	0,616	0,602	0,524	0,0632	83,44
							b	0,588				
		Spreu	2,10	8,4	88	78	a	0,784	0,795	0,704	0,0148	
Salpeter							b	0,805				
18. IV.		Körner	8,10	32,4	541	460	a	2,002	2,051	1,744	0,1413	
							b	2,100				
	17	Stroh	11,70	46,8	161	141	a	0,616	0,620	0,556	0,0635	88,80
							b	0,623				
		Spreu	2,30	9,2	98	86	a	0,840	0,854	0,749	0,0172	
							b	0,868				

Ernte-Ergebnisse (Fortsetzung).

Düngung	Parz. Nr.	Ernte: Material	Ernte: kg pro Parzelle	Ernte: Dz. pro ha	Probe nach d. Dreschen in g	Probe nach d. Trockn. in g	N-Gehalt in %: Parallele	N-Gehalt in %: Gefund.	N-Gehalt in %: Mittel	N-Gehalt in %: berechn. in der Erntem.	kg—N in der Ernte	N = Gesamternte pro ha
Ammoniak und Natron 18. IV.	15	Körner	8,20	32,8	677	583	a	1,918	1,918	1,652	0,1354	
							b	1,918				
		Stroh	12,25	49,0	163	147	a	0,553	0,553	0,498	0,0561	82,96
							b	0,553				
		Spreu	2,50	10,0	110	98	a	0,721	0,714	0,636	0,0159	
							b	0,707				
	16	Körner	8,90	35,6	629	530	a	1,960	1,960	1,652	0,1470	
							b	1,960				
		Stroh	13,20	52,8	160	141	a	0,567	0,574	0,5058	0,0668	92,48
							b	0,581				
		Spreu	2,60	10,4	85	75	a	0,735	0,760	0,6706	0,0174	
							b	0,784				
Ammoniak 25. IV.	20	Körner	8,20	32,8	575	486	a	1,904	1,995	1,682	0,1383	
							b	2,086				
		Stroh	11,80	47,2	175	155	a	0,595	0,592	0,5243	0,0619	85,92
							b	0,588				
		Spreu	2,50	10,0	96	84	a	0,665	0,665	0,5819	0,0146	
							b	0,665				
	22	Körner	8,40	33,6	613	531	a	1,904	1,918	1,661	0,1395	
							b	1,932				
		Stroh	11,65	46,6	161	143	a	0,609	0,609	0,5409	0,0630	87,56
							b	0,609				
		Spreu	2,60	10,4	99	89	a	0,707	0,704	0,6329	0,0164	
							b	0,700				
Salpeter 25. IV.	21	Körner	8,10	32,4	465	403	a	2,016	2,009	1,741	0,1443	
							b	2,002				
		Stroh	11,50	46,0	168	146	a	0,644	0,627	0,5449	0,0629	90,32
							b	0,609				
		Spreu	2,70	10,8	109	95	a	0,812	0,791	0,6894	0,0186	
							b	0,770				
	23	Körner	8,10	32,4	626	539	a	1,904	1,946	1,676	0,1357	
							b	1,988				
		Stroh	11,25	45,0	152	136	a	0,504	0,508	0,4545	0,0511	81,30
							b	0,511				
		Spreu	2,60	10,4	79	70	a	0,728	0,725	0,6424	0,0167	
							b	0,721				

Ernte-Ergebnisse (Schluß).

Düngung	Parz. Nr.	Ernte: Material	Ernte: kg pro Parzelle	Ernte: Dz. pro ha	Probe nach d. Dreschen in g	Probe nach d. Trocknen in g	N-Gehalt in %: Parallele	N-Gehalt in %: Gefund.	N-Gehalt in %: Mittel	N-Gehalt in %: berechn. in der Erntem.	kg—N in der Ernte	N = Gesamternte pro ha
Ammoniak 18. IV./9. V.	26	Körner	7,40	29,6	659	576	a	1,834	1 834	1,603	0,1186	
							b	1,834				
		Stroh	8,50	34,0	154	136	a	0,539	0,529	0,4672	0,0397	69,16
							b	0,518				
		Spreu	2,50	10,0	101	91	a	0,665	0,648	0,5839	0,0146	
							b	0,630				
	30	Körner	7,10	28,4	679	581	a	1,918	1,904	1,6290	0,1157	
							b	1,890				
		Stroh	10,00	40,0	164	147	a	0,581	0,595	0,5334	0,0533	73,28
							b	0,609				
		Spreu	2,20	8,8	112	98	a	0,742	0,739	0,6466	0,0142	
							b	0,735				
Salpeter 18 IV./9.V.	25	Körner	8,30	33,2	662	573	a	1,848	1,848	1,599	0,1328	
							b	1,848				
		Stroh	11,70	46,8	156	139	a	0,581	0,585	0,5211	0,0610	84,36
							b	0,588				
		Spreu	2,90	11,6	91	79	a	0,714	0,679	0,5895	0,0171	
							b	0,644				
	29	Körner	8,10	32,4	717	615	a	1,904	1,911	1,639	0,1328	
							b	1,918				
		Stroh	11,10	44,4	158	138	a	0,539	0,518	0,4524	0,0502	80,28
							b	0,497				
		Spreu	2,70	10,8	91	81	a	0,707	0,718	0,6391	0,0177	
							b	0,728				
Ammoniak und Stroh 18.IV./9.V.	27	Körner	7,40	29,6	686	598	a	1,862	1,834	1,599	0,1183	
							b	1,806				
		Stroh	9,50	38,0	166	145	a	0,581	0,571	0,4988	0,0474	70,84
							b	0,560				
		Spreu	2,35	9,4	99	87	a	0,553	0,550	0,4833	0,0114	
							b	0,546				
	28	Körner	8,45	33,8	593	509	a	1,890	1,890	1,622	0,1371	
							b	1,890				
		Stroh	11,60	46,4	163	145	a	0,504	0,515	0,4581	0,0511	81,36
							b	0,525				
		Spreu	2,85	11,4	120	105	a	0,616	0,609	0,5329	0,0152	
							b	0,602				

III. Ammoniak-Verdunstung.

Je 100 g sterilisiertes Sand-Tongemisch. Versuchsdauer 1 Woche. Täglich 1 Stunde gelüftet.

Versuchsreihe	Ammon N in mg	$CaCO_3$ %	Sättigung der Wasserkapazität %	Verdunstete Ammoniakmenge mg N																	
				100% Sand			90% Sand 10% Ton			85% Sand 15% Ton			80% Sand 20% Ton			75% Sand 25% Ton			70% Sand 30% Ton		
				a	b	m	a	b	m	a	b	m	a	b	m	a	b	m	a	b	m
Ia	31.5	—	50	—	—	—	—	—	—	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Ib	31,5	—	30	—	—	—	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	—	—	—
IIa	30,8	0,5	50	2,24	2,36	2,30	2,38	2,30	2,34	2,10	2,10	2,10	2,10	2,24	2,17	1,82	1,96	1,89	1,68	1,68	1,68
IIb	30,26	0,5	30	1,68	1,68	1,68	2,24	2,40	2,32	1,68	1,80	1,74	1,68	1,68	1,68	1,40	1,68	1,54	1,40	1,40	1,40
IIIa	34,72	2,0	50	0,70	0,70	0,70	0,98	0,84	0,91	0,42	0,42	0,42	0,28	0,42	0,35	0,56	0,56	0,56	0,84	0,70	0,77
IIIb	32,76	2,0	30	1,12	1,26	1,18	0,98	0,98	0,98	0,84	0,98	0,91	0,84	0,98	0,91	0,84	0,56	0,70	0,56	0,56	0,56
IVa	32,76	6,0	50	1,68	1,82	1,75	1,68	1,68	1,68	2,26	1,96	2,10	2,10	1,96	2,03	1,54	1,68	1,61	1,40	1,40	1,40
IVb	33,16	6,0	30	1,54	1,54	1,54	1,68	1,54	1,61	1,40	1,40	1,40	1,26	1,40	1,30	1,40	1,12	1,26	1,12	1,12	1,12

IV. Ammon-Absorption durch Zeolithe.

Je 100 g sterilisiertes Sand-Tongemisch. Die zugesetzte Ammonlösung enthält 5% Formalin.

Versuchsreihe	Zeolithzusatz %	Ammon N in mg	Sättigung der Wasserkapazität %	Versuchsdauer. Tage	Absorbierte Ammonmenge mg N											
					100% Sand		90% Sand 10% Ton		85% Sand 15% Ton		80% Sand 20% Ton		75% Sand 25% Ton		70% Sand 30% Ton	
					a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Ia	5	27,86	40	1	17,28	17,62	16,98	17,02	17,62	17,62	17,08	17,08	17,08	16,98	16,84	17,08
				3	18,90	18,90	19,18	19,18	20,72	21,42	19,88	19,18	17,08	19,60	21,14	21,28
				6	20,86	20,16	20,86	20,86	20,86	21,28	21,00	20,72	20,02	20,44	21,00	20,86
				12	21,00	21,00	20,86	21,14	21,70	21,42	20,16	21,14	21,14	21,00	21,14	20,72
				18	20,86	20,86	20,74	20,16	20,86	20,02	21,00	21,00	20,02	19,88	20,62	19,60
				24	20,30	20,16	20,30	20,30	20,30	20,44	20,16	20,16	20,02	20,30	19,88	19,88
Ib	5	27,86	80	1	17,62	17,08	16,62	16,98	17,48	17,62	16,98	17,08	17,22	17,08	17,08	17,62
				3	18,76	18,62	20,62	20,62	17,50	21,98	18,76	18,62	20,16	20,02	19,04	18,62
				6	21,00	20,44	20,86	20,30	20,72	21,00	21,00	20,72	20,44	20,44	21,28	21,00
				12	20,62	20,30	19,74	19,88	20,72	20,86	20,72	20,86	20,44	20,44	21,14	20,62
				18	20,44	20,30	19,88	19,46	21,14	20,86	21,14	20,30	19,88	20,02	20,30	20,30
				24	19,74	20,16	20,02	20,16	20,16	20,30	20,58	20,44	19,60	19,74	20,02	19,88
II	3	28,70	60	1	22,96	22,40	24,70	24,60	23,60	23,80	24,10	22,70	24,10	23,90	23,90	23,80
				3	23,52	24,92	22,82	22,26	21,84	22,26	22,82	22,96	23,24	21,70	22,54	22,54
				5	23,66	23,80	23,24	22,96	22,82	22,82	22,96	22,82	22,82	22,68	22,40	22,54
				8	24,08	24,08	23,38	23,38	23,24	23,10	23,38	22,82	22,12	22,54	22,54	22,68
III	1	27,58	60	1	17,78	18,90	16,88	16,80	16,52	16,52	17,36	17,50	16,94	17,08	17,78	17,50
				3	17,92	17,64	18,06	18,62	17,08	17,08	17,08	17,36	18,34	18,34	16,52	16,52
				5	18,34	18,34	18,62	18,20	17,50	17,50	18,62	18,90	18,48	17,78	18,08	18,08
				8	21,78	21,78	21,48	21,38	20,98	20,88	21,38	21,28	21,58	21,58	20,68	20,58
IV	—	25,69	60	12	7,07	6,93	6,65	6,65	6,37	6,51	8,33	8,33	8,47	8,47	10,01	9,87

V. Ammonassimilation.

Je 100 g sterilisiertes Sand-Tongemisch + 5 ccm Lösung, 70% Wasserkapazität, gesättigt. 4 Wochen Versuchsdauer (10% organ. saurer Kalk, 1% organ. saures Ammon, 0,5% KH_2PO_4, 0,5% NaCl, 0,1% $MgSO_4$, 0,1% $FeSO_4$).

Verwendete Substanz	—	Zu Beginn		Nach 4wöchiger Versuchsdauer					
	N mg	In der Substanz	Im Erdaufguß	100% Sand		85% Sand, 15% Ton		70% Sand, 30% Ton	
				a	b	a	b	a	b
Bernsteinsaures Ammon	als NH_3	8,90	0,96	0,70	0,84	0,84	0,98	1,40	1,40
	als N_2O_5	—	0,37	4,06	4,20	4,20	3,92	2,80	2,80
	Gesamt: 10,23			4,76	5,04	5,04	4,90	4,20	4,20
	Demnach festgelegt			5,47	5,19	5,19	5,33	6,03	6,03
Milchsaures Ammon	als NH_3	6,44	0,96	0,70	0,84	1,26	1,12	1,40	1,40
	als N_2O_5	—	0,37	2,52	2,52	0,98	1,12	0,84	0,84
	Gesamt: 7,77			3,22	3,36	2,24	2,24	2,24	2,24
	Demnach festgelegt			4,55	4,41	5,53	5,53	5,53	5,53
Zitronensaures Ammon	als NH_3	6,58	0,96	0,84	0,98	0,70	0,56	0,84	0,70
	als N_2O_5	—	0,37	1,40	1,40	0,84	0,84	0,96	1,12
	Gesamt: 7,91			2,24	2,38	1,54	1,40	1,82	1,82
	Demnach festgelegt			5,67	5,53	6,37	6,51	6,09	6,09

VI. Verhalten natürlicher Erden.

Je 100 g Erde, teils frisch, teils bei 160° sterilisiert. Ammonsulfatzusatz in Lösung. Versuchsdauer 1 bis 28 Tage. NH_3 und N_2O_5 im Filtrat des Waschwassers bestimmt.

Als $(NH_4)_2SO_4$ zugesetzt mg N	Versuchsdauer	Vorbehandlung der Erde	Gefunden mg N als	Oberholz a	Oberholz b	Lampertswalde I a	Lampertswalde I b	Lampertswalde II a	Lampertswalde II b	Gamig I a	Gamig I b	Gamig II a	Gamig II b	Gamig III a	Gamig III b	Burgdorf I a	Burgdorf I b	Burgdorf II a	Burgdorf II b
Ohne Zusatz	1 Tag	—	NH_3	0,14	—	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	—	0,28	0,14	0,14	—	0,14	0,14	0,14
			N_2O_5	0,42	0,28	0,28	0,28	—	—	0,42	0,42	0,42	0,28	0,84	0,70	0,42	0,42	0,42	0,42
			zus. Mittel	0,42		0,42		0,14		0,56		0,49		0,91		0,49		0,56	
	1 Tag	durch Hitze sterilisiert	NH_3	0,70	0,70	2,26	1,96	1,54	1,40	0,28	0,28	1,40	0,56	1,40	1,26	1,12	1,40	0,70	0,84
			N_2O_5	1,40	1,68	1,26	1,40	1,40	1,40	0,70	0,70	1,96	1,40	2,38	2,24	1,40	1,26	1,40	1,68
			zus. Mittel	2,24		3,44		2,87		0,98		1,66		3,50		2,59		2,21	
28,56	1 Tag	—	NH_3	10,64	10,64	15,40	15,12	22,26	22,12	7,14	7,28	21,42	21,42	10,22	10,36	28,14	28,00	20,72	20,86
			N_2O_5	0,70	0,70	0,70	0,84	0,98	0,98	1,40	1,26	1,40	1,40	1,40	1,40	0,42	0,56	3,50	3,22
			zus.:	11,34	11,34	16,10	15,96	23,24	23,10	8,54	8,54	22,82	22,82	11,62	11,76	28,56	28,56	24,22	24,08
			festgel.:	17,64	17,64	12,88	13,02	5,46	5,60	20,58	20,58	6,23	6,23	17,85	17,71	0,49	0,49	4,90	5,04
28,56	1 Tag	durch Hitze sterilisiert	NH_3	18,76	18,62	26,04	25,76	29,82	29,26	15,40	15,40	28,28	28,14	19,60	19,60	29,12	28,84	25,20	25,20
			N_2O_5	2,24	2,24	2,66	2,52	1,40	1,54	1,82	1,82	2,10	2,10	2,38	2,24	1,82	1,96	3,22	3,08
			zus.:	21,00	20,86	28,70	28,28	31,22	30,80	17,22	17,22	30,38	30,24	21,98	21,84	30,94	30,80	28,42	28,28
			festgel.:	9,80	9,94	3,30	3,72	0,21	0,63	12,32	12,32	—	—	10,08	10,22	0,21	0,35	2,35	2,49
19,60	28 Tag	—	NH_3	2,94	2,66	4,20	4,90	9,52	8,68	3,36	3,22	8,40	8,12	4,34	5,18	8,68	8,40	3,50	3,22
			N_2O_5	6,72	7,14	3,50	3,36	3,64	4,06	2,24	2,80	1,40	1,54	3,78	3,22	6,58	6,86	13,30	13,58
			zus.:	9,66	9,80	7,70	8,26	13,16	12,74	5,60	6,02	9,80	9,66	8,12	8,40	15,26	15,26	16,80	16,80
			festgel.:	10,36	10,22	12,32	11,76	6,58	7,00	14,56	14,14	10,29	10,43	12,39	12,11	4,83	4,83	3,36	3,36

VII. Beschaffenheit der benutzten Erdsorten.

Bezeichnung	Beschaffenheit	% des trockenen Bodens	% des steinfreien Bodens					
		Glühverlust	>5 mm	>2 mm	>1 mm	>½ mm	<½ mm	Abschlämmbare Teile
Oberholz	schwerer Lehm	3,0	8,40	1,40	2,40	13,20	31,90	51,10
Lampertswalde I	humoser Lehm	4,18	1,35	2,65	1,62	6,92	50,20	38,61
Lampertswalde II	humoser Sand	1,78	16,10	8,32	6,85	18,80	56,80	9,23
Gamig I	schwerer humusarmer Lehm (Dohnaer Berg)	6,20	7,30	10,20	3,40	9,00	28,00	49,40
Gamig II	kiesiger, sandiger Lehm (Meuschaer Berg)	4,00	15,73	19,20	12,40	18,90	20,40	29,10
Gamig III	milder Lehm (Bosewitzer Scheibe)	2,60	2,43	0,60	0,54	0,96	28,30	69,60
Burgdorf I	Heidesand	2,20	0,40	0,20	5,10	40,20	47,20	7,30
Burgdorf II	anmooriger Sand	8,80	1,20	0,13	0,60	28,40	35,40	35,47

VIII. Nitrifikationsversuche nach Schlösing.

Je 100 g Sand-Tongemisch + 0,5 g $CaCO_3$, geimpft mit 5 ccm Erdaufguß, Wasserkapazität zu 60% gesättigt.

Versuchsdauer	mg N als	Zu Beginn	An N sind vorhanden am Schlusse des Versuches in					
			100% Sand	90% Sand 10% Ton	85% Sand 15% Ton	80% Sand 20% Ton	75% Sand 25% Ton	70% Sand 30% Ton
1 Monat	NH_3	10,13	8,14	8,90	9,10	10,22	8,96	8,82
	N_2O_5	0,13	1,68	1,68	1,82	0,70	1,68	1,12
	gesamt:	10,26	9,82	10,58	10,92	10,92	10,64	9,94
3 Monate	NH_3	10,09	5,04	6,72	7,00	7,00	6,12	6,72
	N_2O_5	0,13	5,12	3,52	3,48	3,42	4,24	3,52
	gesamt:	10,22	10,16	10,24	10,48	10,42	10,36	10,24
4 Monate	NH_3	10,09	5,32	5,60	5,66	5,46	4,48	4,70
	N_2O_5	0,13	4,94	4,38	4,52	4,52	5.70	5,64
	gesamt:	10,22	10,26	9,98	10,18	9,98	10,18	10,34

IX. Nitrifikation des Zeolith-Ammoniaks.

Je 100 g ausgewaschenes Sand-Tongemisch (Vers.-Reihe III, 1% Zeolith. Versuchsdauer 3 Tage).
9 ccm Bodenaufguß 60% der Wasserkapazität gesättigt. 4 Wochen Versuchsdauer.

Parallele	Substanz mg N	100% Sand		90% Sand 10% Ton		85% Sand 15% Ton		80% Sand 20% Ton		75% Sand 25% Ton		70% Sand 30% Ton	
		als NH_3	als N_2O_5	als NH_3	als N_2O_5	als NH_3	als N_2O_5	als NH_3	als N_2O_5	als NH_3	als N_2O_5	als NH_3	als N_2O_5
a	Zeolith-Aufguß zu Beginn	17,92	—	18,06	—	17,08	—	17,08	—	18,34	—	16,52	—
		1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12
	Filtrat am Ende	3,50	1,26	2,94	0,56	4,20	0,56	3,92	0,98	3,78	1,68	4,76	0,70
b	Zeolith-Aufguß zu Beginn	17,64	—	18,62	—	17,08	—	17,36	—	18,34	—	16,52	—
		1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12
	Filtrat am Ende	3,50	0,84	3,78	0,70	3,50	0,98	4,20	0,84	4,06	1,40	4,48	0,98
Mittel	Zeolith-Aufguß zu Beginn	17,78	—	18,34	—	17,08	—	17,22	—	18,34	—	16,52	—
		1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12	1,40	1,12
	Filtrat am Ende	3,50	1,05	3,36	0,63	3,85	0,77	4,06	0,91	3,92	1,54	4,62	0,84

X. Nitrifikation des Mikroorganismen-Ammoniaks.

Je 100 g ausgewaschenes Sand-Tongemisch, bei 200° sterilisiert. 9 ccm Bodenaufguß, 60% der Wasserkapazität gesättigt. 4 Wochen Versuchsdauer.

Ausgangsmaterial	Parallele	100% Sand					85% Sand, 15% Ton					70% Sand, 30% Ton				
		N zu Beginn			am Ende		N zu Beginn			am Ende		N zu Beginn			am Ende	
		in organ. Form	im Erdaufguß NH_3	im Erdaufguß N_2O_5	NH_3	N_2O_5	in organ. Form	im Erdaufguß NH_3	im Erdaufguß N_2O_5	NH_3	N_2O_5	in organ. Form	im Erdaufguß NH_3	im Erdaufguß N_2O_5	NH_3	N_2O_5
Bernsteinsaures Ammon	a	5,47	1,40	1,12	0,84	2,66	5,19	1,40	1,12	1,54	2,94	6,03	1,40	1,12	1,96	2,94
	b	5,19	1,40	1,12	1,12	2,66	5,33	1,40	1,12	3,08	1,82	6,03	1,40	1,12	0,84	2,66
	Mittel:	5,33	1,40	1,12	0,98	2,66	5,26	1,40	1,12	2,31	2,38	6,03	1,40	1,12	1,40	2,80
Milchsaures Ammon	a	4,55	1,40	1,12	1,54	2,38	5,53	1,40	1,12	0,42	3,08	5,53	1,40	1,12	1,96	2,80
	b	4,41	1,40	1,12	0,98	2,24	5,53	1,40	1,12	1,12	2,80	5,53	1,40	1,12	1,68	2,38
	Mittel:	4,48	1,40	1,12	1,26	2,31	5,53	1,40	1,12	0,77	2,94	5,53	1,40	1,12	1,82	2,59
Zitronensaures Ammon	a	5,67	1,40	1,12	1,26	2,10	6,37	1,40	1,12	1,26	2,24	6,09	1,40	1,12	1,40	3,50
	b	5,53	1,40	1,12	1,26	1,96	6,51	1,40	1,12	1,12	2,24	6,09	1,40	1,12	0,84	3,78
	Mittel:	5,60	1,40	1,12	1,26	2,03	6,44	1,40	1,12	1,19	2,24	6,09	1,40	1,12	1,12	3,64

XI. Verlauf der Salpeterbildung.

Zu je 50 ccm 1‰ Ammonsulfat-Bodenextrakt + 0,5 g Kreide, geimpft mit 5% Erde, mg N:

Versuchsdauer:		3 Wochen											6 Wochen			
Tag der Probenahme:		22.III.	12.IV.	3. V.		24. V.	14.VI.	5.VII.	26. VII.		16 VIII.		5. VII.		26. VII.	
Parz. 7	N als NH_3	7,14	8,26	6,72	7,00	7,32	8,54	6,86	8,20	7,96	6,76	—	4,70	4,81	3,42	3,76
	N als N_2O_5	3,46	3,36	4,90	4,68	3,68	3,22	4,02	3,36	3,78	2,80	—	6,10	6,00	6,44	6,16
	zusammen:	10,60	11,62	11,62	11,68	11,00	11,76	10,88	11,56	11,74	9,56	—	10,80	10,81	9,86	9,92
Parz. 12	N als NH_3	7,00	7,70	—	—	7,81	8,40	—	8,26	8,10	7,16	7,38	5,22	5,00	3,89	3,96
	N als N_2O_5	3,64	3,78	—	—	3,15	3,64	—	3,64	3,64	2,38	2,38	5,01	5,60	6,30	5,88
	zusammen:	10,64	11,48	—	—	10,96	12,04	—	11,90	11,74	9,54	9,76	10,23	10,60	10,19	9,84
Parz. 24	N als NH_3	6,30	—	7,14	6,86	7,69	8,40	6,72	7,56	7,80	6,82	7,30	5,62	4,96	3,90	4,02
	N als N_2O_5	6,36	—	4,80	5,12	3,21	3,36	4,22	4,06	3,78	2,80	2,10	5,50	5,70	6,02	6,02
	zusammen:	9,66	—	11,94	11,98	10,90	11,76	10,94	11,62	11,58	9,62	9,40	11,12	10,66	9,92	10,04
Mittel:	N als N_2O_5	3,49	3,57	4,88		3,35	3,41	4,12	3,71		2,49		5,65		6,14	

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Lebenslauf.

Am 24. Oktober 1879 wurde ich, Ernst Adolf Hermann Blobel, evang.-luth. Konfession, als Sohn des Amtsgerichtssekretärs Gustav Adolf Blobel in Leipzig geboren, besuchte daselbst erst die Bürgerschule und dann das Gymnasium bis zur Erwerbung des Reifezeugnisses für den einjährig-freiwilligen Dienst und widmete mich Ostern 1897 dem Apothekerberuf. Nach dreijähriger Lehrzeit in Meißen legte ich März 1900 das erste Fachexamen vor der Königlichen Kreishauptmannschaft zu Dresden ab und absolvierte von April 1900—1903 die vorgeschriebene Konditionszeit in verschiedenen Apotheken des Deutschen Reiches. Oktober 1901 wurde ich militärfrei und zum Landsturm mit Waffe überschrieben. April 1903 bezog ich die Universität Leipzig zum pharmazeutischen Studium und bestand im November 1904 das Staatsexamen als Apotheker mit dem Prädikat „Sehr gut". Ich wandte mich nun speziell dem chemischen Studium zu und legte im Laboratorium für angewandte Chemie bei Herrn Geheimrat Professor Dr. Beckmann sowohl das anorganische, wie das organische Verbandsexamen ab. Nach diesem arbeitete ich im Landwirtschaftlichen Institut der Universität Leipzig und beendete vorliegende Doktorarbeit.

S651
B6
186556
Blobel.